H. MOLISCH

DIE LEBENSDAUER DER PFLANZE

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

JENA, GUSTAV FISCHER

Bot
1

Die Lebensdauer der Pflanze

von

Dr. Hans Molisch
o. ö. Professor und Direktor des pflanzenphysiologischen Institutes an der Universität Wien

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Mit 39 Abbildungen im Text

248828
15. 11. 30.

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1929

Alle Rechte vorbehalten
Printed in Germany

Vorwort.

Die Angaben über die Beobachtungen der Lebensdauer, über Altern und Tod der Pflanze sind in der Literatur derart zerstreut und oft an so unzugänglichen Orten niedergelegt, daß es schwer fällt, sich über dieses wichtige naturwissenschaftliche Problem nach verschiedenen Richtungen zu orientieren.

Ich habe mir daher schon vor 10 Jahren vorgenommen, die Lebensdauer der Pflanze von verschiedenen Gesichtspunkten aus zu studieren, die bereits vorhandenen Tatsachen zu sammeln, durch neue zu ergänzen und so eine Monographie des das ganze Pflanzenreich betreffenden Problems zu schaffen.

Schon im Jahre 1921 war der Grundstock dieses geplanten Buches im Umriß fertig, allein infolge meiner Berufung an die kaiserliche Universität Sendai in Japan, wo ich fast 3 Jahre verblieb, mußte das Manuskript wegen anderweitiger Aufgaben und Ziele, die mich im Lande der aufgehenden Sonne beschäftigten, beiseite gelegt werden und konnte erst nach meiner Rückkehr unter Berücksichtigung der neuesten Literatur und der letzten Forschungen auf dem einschlägigen Gebiete endgültig abgeschlossen werden. So hoffe ich ein kleines Werk geschaffen zu haben, das ein willkommenes Seitenstück zu E. Korschelts ausgezeichnetem Buch „Lebensdauer, Altern und Tod" darstellt. Während dieses die Lebensdauer des Tieres zum Gegenstande hat und die der Pflanze nur nebenbei in Betracht zieht, macht sich mein Buch der Hauptsache nach die Schilderung der Lebensdauer der Pflanze zur Aufgabe, aber nicht ohne die des Tieres bei allgemeinen Fragen ganz außer acht zu lassen.

Bevor ich dieses Vorwort schließe, drängt es mich, meinem Assistenten, dem Herrn Privatdozenten Dr. J. Kisser, besten Dank zu sagen für die Zeichnung einiger Abbildungen, ferner für die Besorgung der Druckkorrektur, die ich wegen meiner Berufung nach Indien selbst zu lesen verhindert war. Mein Dank gebührt auch Herrn Dr. W. Frenzel, der sich gleichfalls um die Durchsicht der Korrekturbogen eifrigst bemühte.

Mein verehrter Verleger, Herr G. Fischer in Jena, kam meinen Wünschen, wie immer, bereitwilligst entgegen und sorgte für eine ausgezeichnete Ausstattung des kleinen Werkes. Auch ihm sage ich meinen aufrichtigen Dank.

Wien, im Oktober 1928. **HANS MOLISCH.**

Digitized by the Internet Archive
in 2026 with funding from
University of Toronto

https://archive.org/details/dielebensdauerde00moli

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Einleitung 1

II. Die Lebensdauer 2

A. Die Unsterblichkeit der Einzelligen 2
a) Weismanns Ansicht 2
b) Einwände 3
c) Woodruffs Versuche 4
d) Die Bedeutung der Ausscheidungen 4
e) Hartmanns Versuche mit Chlorella 6
1. Sind alle Einzeller unsterblich? 6
a) Tierische Protisten mit Individualtod. Das Altern des Einzellers. Die Verjüngung gewisser Einzeller durch Amputationen 6
b) Diatomeen 8
c) Einige andere einzellige Algen 10
d) Sproßpilze 11
e) Zusammenfassung 12
2. Generationsdauer, Vermehrungsfuß und individuelle Lebensdauer 12
a) Bakterien 13
b) Sproßpilze und Hefen 13
c) Peridineen 15
d) Diatomeen 16
e) Desmidiaceen 18
f) Flagellaten 18
g) Übersicht 19

B. Die Lebensdauer der Vielzelligen 19
1. Kryptogamen 20
a) Algen 20
b) Pilze 22
c) Moose 24
d) Pteridophyten 26
2. Phanerogamen 27
a) Gymnospermae 28
Coniferae: Sequoia, Taxodium, Taxus, Cupressus, Juniperus, Abies, Picea, Larix, Pinus, Cedrus, Dammara, 28
Gnetinae: Welwitschia 37
b) Angiospermae 38
α) Monokotyledonen: Dracaena, Polygonatum usw. 38
β) Dikotyledonen: Betula, Alnus, Carpinus, Ostrya, Corylus, Castanea, Fagus, Quercus, Juglans, Sa-

Seite

lix, Populus, Ficus, Ulmus, Celtis, Platanus, Buxus, Cereus, Laurus, Berberis, Clematis, Magnolia, Helianthemum, Adansonia, Tilia, Acer, Ilex, Rhamnus, Vitis, Rosa, Ribes, Sorbus, Pirus, Crataegus, Cotoneaster, Prunus, Robinia, Cytisus, Spartium, Wistaria, Daphne, Hippophaë, Elaeagnus, Myrtus, Eucalyptus, Cornus, Hedera, Rhododendron, Phyllodoce, Loiseleuria, Arctostaphylos, Gentiana, Calluna, Erica, Vaccinium, Olea, Ligustrum, Fraxinus, Lonicera, Viburnum, Sambucus, Teucrium, Thymus, Globularia . . 41

γ) Übersicht 57

C. Von der verschiedenen Lebensdauer und ihren mutmaßlichen Ursachen 61

a) Die Größe der Gewächse 61

b) Die Intensität des Stoffwechsels 62

c) Die Erschöpfung 62

d) Mehr- oder vielmalige Samenerzeugung 63

e) Einjährige Pflanzen, vertikale Höhe und höhere Breite . . . 66

f) Standort 67

D. Lebensdauer und systematische Verwandtschaft 67

a) Die Individuen der Art 67

b) Die Arten einer Gattung 67

c) Die Gattungen einer Familie und die höheren Gruppen . . 68

E. Ungleiche Lebensdauer der beiden Geschlechter 69

a) Tiere 69

b) Pflanzen: Cannabis, Ginkgo-Blätter, Trinia glauca, Datisca cannabina 69

F. Die Lebensdauer der Organe 73

1. Die Blütendauer 73

2. Die Blattdauer 76

a) Kryptogamen 76

b) Phanerogamen 77

c) Einfluß äußerer Faktoren 78

d) Immergrüne Gewächse 81

e) Übersicht 81

3. Die fortgesetzte Steigerung des Aschengehaltes als Mitursache des Todes der Blätter 82

4. Die Lebensdauer der Haare 87

G. Über den Tod und die Lebensdauer der Gewebezelle 87

a) Das Mark 88

b) Das Holz 90

c) Die Rinde 93

d) Die Wurzel 94

e) Das Blatt 94

f) Die Blüte 95

g) Isolierte Zellen 96

h) Zusammenfassung 97

III. Über die Mittel, das Leben der Pflanze zu verlängern 98

1. Abhaltung aller Schädigungen 99

2. Die zeitweise Entziehung notwendiger Lebensbedingungen 99

Seite

3. Die Verhinderung des Blühens und Fruchtens 100
4. Die Verhinderung der Bestäubung und Befruchtung 104
5. Die längere Funktionsdauer 105
6. Verschiedenes 107
   a) Einfluß von Organismen 107
   b) Einfluß der Ringelung 111
   c) Einfluß der Pfropfung 111
   d) Einfluß des Lichtes 112
   e) Hinderung der Ableitung von Reservestoffen aus Keimblättern 112
7. Rückblick 114

IV. Verjüngung 116

1. Beispiele 116
2. Verjüngung durch Verwundung 117
3. Zellteilung und Wundstoffe 118
4. Gallen 121

V. Der Scheintod 122

1. Begriff des Scheintodes 122
2. Lebensreaktionen 124
3. Vorkommen des Scheintodes 126
   a) Tiere 126
   b) Moose 127
   c) Algen 127
   d) Pilze 127
   e) Samen 128
4. Die zeitweise völlige Unterbrechung des Lebens 132

VI. Über das Altern, den Tod und die angebliche potentielle Unsterblichkeit des Baumes 135

1. Über das Altern und den Tod 135
   a) Das Altern des Baumes 135
      Das Altern des Menschen 135
   b) Gesetz der großen Periode 136
   c) Wachstumsgeschwindigkeit des Meerschweinchens 138
   d) Selbstvergiftung durch Stoffwechselprodukte 138
   e) Minots Anschauung über Alter und Tod, bedingt durch die Differenzierung der Zelle 139
   f) Physiologische Alterserscheinungen, erkennbar an der Kohlensäureassimilation 140
      der Atmung 140
      der Assimilation und Dissimilation 141
      der Transpiration 141
      der Guttation 142
      der Reaktionsfähigkeit gegenüber Reizen 142
      der Regeneration 142
      der Polarität 142
      der Vergilbung 142
      der Abnahme des Kern- und Nukleolusvolums 143
      der Zunahme der Viskosität des Plasmas 143
      der Aufnahme von Farbstoffen 143

Seite

der geringen Widerstandsfähigkeit der wachsenden Zellen gegenüber Kalkmangel und intramolekularer Atmung 143
der Änderungen im Zellsaft 144
g) Zurückführung des Todes auf kolloidchemische Vorgänge . . 144
2. Über die angebliche potentielle Unsterblichkeit des Baumes 145
a) Kritik der Ansicht über die Unsterblichkeit des Baumes . . 145
α) Änderung der Vegetationspunkte 145
β) Änderung der Weite der Maschen der Blattnervatur mit dem Alter 146
γ) Übertragung der Alterserscheinungen durch Stecklinge 146
δ) Topophysis oder Sproßindividualität 151
b) Führt die fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung durch Stecklinge und Pfropfung zur Altersschwäche? 152
α) Begriff der „Sorte“. 152
β) Ansichten Knights und Jessens 152
γ) Angebliche Altersschwäche der Straßenpappel, Trauerweide u. a. 153
δ) Ansicht von Moebius 153
ε) Ansicht des Verfassers 155
ζ) Zusammenfassung 158

Autorenverzeichnis 159

Sachverzeichnis 161

I.

Einleitung.

Die Lebensdauer der Gewächse stellt ein äußerst wichtiges biologisches Problem dar. Es greift in vielfacher Beziehung in so viele Erscheinungen des Pflanzenlebens und der Biologie überhaupt ein, daß es über den Kreis der Physiologie hinaus allgemein naturwissenschaftliches Interesse zu erwecken vermag.

Merkwürdigerweise hat die Lebensdauer der Pflanze bisher überhaupt keine allseitige monographische Bearbeitung gefunden, denn Jessens[1]) vor 65 Jahren erschienene preisgekrönte Schrift „Über die Lebensdauer der Gewächse" behandelt den Gegenstand nicht im ganzen, sondern nur einen kleinen, wenn auch sehr wichtigen Teil, nämlich die Frage: ob Samenpflanzen, die ungeschlechtlich vermehrt werden, eine unbegrenzte nur zufällig oder durch die Ungunst der Verhältnisse erlöschende, oder überhaupt eine beschränkte Lebensdauer haben. Alles andere mit der Lebensdauer zusammenhängende: Ausführliche Angaben über die Lebensdauer niederer und höherer Gewächse, über das Altern, über die Veränderungen im Laufe der Entwicklung, über das Absterben der Zellen und Gewebe im Baume, über die Möglichkeit, das Leben zu verlängern oder zu verkürzen und vieles andere wurde zusammenfassend noch nicht behandelt.

Erst in neuerer Zeit wurde namentlich durch Weismanns Ideen über die Unsterblichkeit der Einzelligen das Problem der Lebensdauer in den Vordergrund des Interesses gerückt. Über das eben erwähnte Thema haben zahlreiche Zoologen gearbeitet und erst in jüngster Zeit bescherte uns der Zoologe Korschelt[2]) eine vortreffliche Zusammenfassung unserer derzeitigen Kenntnisse über Lebensdauer, Alter und Tod der Tiere, in der auch die Lebensdauer der Pflanzen nebenbei behandelt oder, besser gesagt, gestreift wird. Im großen und ganzen beschäftigt sich Korschelts verdienstvolles Werk fast nur mit den Tieren, so daß es mit Rücksicht auf die gegebene Sachlage geradezu ein Bedürfnis wird, die einschlägigen Fragen auch vom botanischen Standpunkt ausführlicher und umfassender zu erörtern.

---

1) Jessen, C. F. W., Über die Lebensdauer der Gewächse. 1854. Vgl. auch Verhandlungen d. Kais. Leopold.-Karolinisch. Akad. d. Naturforscher 1855, Bd. 25.

2) Korschelt, E., Lebensdauer, Altern und Tod. Jena 1924. 3. Auflage.

II.

Die Lebensdauer.

A.

Die Unsterblichkeit der Einzelligen.

Dem eben erwähnten Bedürfnis kam man teilweise von zoologischer und botanischer Seite entgegen: von Doflein[1]) und Küster[2]). Doflein behandelte nicht so sehr die Lebensdauer, sondern, wie der Titel seines Büchleins schon sagt, das Problem des Todes und der Unsterblichkeit bei Pflanzen und Tieren. Und Küster brachte in seiner gedankenreichen Schrift, die sich aus einem Vortragsmanuskript entwickelte, einen kurzen Überblick über Alter und Tod, der sich fast ausschließlich auf die Pflanze bezieht. Eine willkommene Ergänzung für unsere Frage brachten die hauptsächlich von physiologischer Warte aus gemachten Betrachtungen Webers[3]), die eine zwar knappe, aber höchst wünschenswerte Übersicht über physiologische Alterserscheinungen bringt.

Aber trotz dieser erwähnten wertvollen Beiträge fehlt eine monographische Bearbeitung der Lebensdauer der Pflanze und der damit in Zusammenhang stehenden sehr verschiedenen und vielseitigen Fragen über Alter und Tod. Im folgenden soll der Versuch gemacht werden, diese Lücke auszufüllen und gleichzeitig die einschlägige, außerordentlich zerstreute Literatur in Verbindung mit den einzelnen auftauchenden Fragen zu behandeln und kritisch zu verarbeiten.

Es ist noch gar nicht so lange her, daß es als selbstverständlich galt, daß jedes Lebewesen einmal stirbt. Für die meisten mehr- und vielzelligen Organismen trifft ja dieser Satz auch heute noch zu, für die Mehrzahl der Einzelligen aber nicht mehr.

Weismann[4]) hat das große Verdienst, darauf hingewiesen zu haben, daß wir mit dem Begriff des Todes stets eine Leiche verbinden, daß aber bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung eines Infusors, d. h. bei seiner Teilung keine Leiche zurückbleibt, sondern die ganze Mutterzelle restlos in die zwei Tochterzellen aufgeht. Die Mutterzelle zerfällt in zwei nahezu gleiche Stücke von gleichem Aussehen und gleicher Beschaffenheit. Jedes dieser Stücke lebt wie die Mutterzelle weiter und teilt sich wieder. Weismann[5]) schließt daher, „daß die Begrenztheit des einzelnen Individuums durch den Tod nicht — wie bis dahin angenommen worden war — eine

---

1) Doflein, Fr., Das Problem des Todes und der Unsterblichkeit bei den Pflanzen und Tieren. Jena 1919.

2) Küster, E., Botanische Betrachtungen über Alter und Tod. Abhandl. z. theoret. Biologie, Heft 10. Berlin 1921.

3) Weber, Fr., Der natürliche Tod der Pflanzen. Naturwissenschaftl. Wochenschrift 1919, p. 449.

4) Weismann, A., Über Leben und Tod. Jena 1884, p. 1.

5) Ders., Über die Dauer des Lebens. Jena 1882, p. 33.

unvermeidliche und im Wesen des Lebens begründete Erscheinung sei, sondern vielmehr nur eine Zweckmäßigkeitseinrichtung, welche erst dann getroffen wurde, als die Organismen eine gewisse Komplikation des Baues erreichten, mit welcher sich ihre Unsterblichkeit nicht mehr vertrug".

Wie viele große Wahrheiten, so blieb auch diese nicht unwidersprochen. Den schärfsten Widerspruch gegen Weismanns Lehre erhob, allerdings mit sehr schwacher Begründung, der Zoologe Wedekind[1]). Nach seiner Ansicht ist die Prämisse Weismanns, daß sich der Einzeller in zwei gleiche Teile teilt, nicht richtig. Es scheine nur so, als ob sie gleich wären, man könne daher auch bei den Einzellern in jedem Falle von Mutter und Tochter sprechen. Die Mutter könne sich zwar wieder und sogar vielmals teilen, allein schließlich gehe sie doch zugrunde. Wenn ich auch zugebe, daß bei manchen Einzellern die Hälften, in die sie bei der Fortpflanzung zerfallen, nicht gleich sind, wie ich selbst für gewisse einzellige Pflanzen dartun werde, so bleibt Wedekind doch den Beweis dafür schuldig, daß bei allen Einzellern die beiden Hälften, die bei der Teilung entstehen, tatsächlich ungleich sind, und daß die Mutterzelle sich nicht unbegrenzt teilen kann. Niemand hat bisher erwiesen, daß eine Bakterie bei der Teilung in ungleiche Hälften zerfällt, und dasselbe gilt auch von vielen anderen Einzellern, daher entbehrt der Widerspruch Wedekinds nach jeder Richtung der tatsächlichen Grundlage.

Begründeter waren die auf experimenteller Grundlage fußenden Einwände, die von anderer Seite kamen. Man warf die Frage auf: können sich die Protozoen wirklich unbegrenzt weiter teilen oder sterben sie vielleicht nach einer bestimmten Anzahl von Generationen? Maupas[2]) konnte bei seinen Kulturversuchen mit verschiedenen Arten von ziliaten Infusorien zeigen, daß diese bei länger fortgeführtem Züchten auffallende Veränderungen im Aussehen und Verhalten erlitten. Hatte die Zahl der Teilungen 100—300 erreicht, so begannen die Zellen weniger Nahrung aufzunehmen, sie wurden kleiner, verloren einen Teil ihrer Zilien und starben schließlich ab. Maupas stellte sich nach solchen Erfahrungen auf einen Weismann entgegengesetzten Standpunkt und vertrat die Ansicht: der einzellige Organismus ist nicht unsterblich, sondern verbraucht sich von sich aus und stirbt durch dauernde Ausübung seiner Funktionen.

Weitere Versuche in dieser Richtung verdanken wir Calkins[3]) und R. Hertwig.

Calkins zog im Laufe von 15 Monaten über 500 Generationen von dem Infusor Paramaecium caudatum heran und fand nach 90—170 Teilungen ähnliche Veränderungen an den Epigonen wie Maupas. Die Gesamtheit dieser Wandlungen — von Calkins als „Depressionszustand" bezeichnet — führt schließlich zum Tode; die Depression kann aber durch Reize verschiedener Art behoben werden: durch Konjugation, durch Schütteln, durch Änderung der Temperatur oder der Zusammensetzung der Nährlösung. Nach Calkins gehört der Depressionszustand zu dem

1) Wedekind, W., Teilung und Tod der Einzelligen. Zoolog. Anzeiger, 48. Bd., 1917, p. 189.

2) Maupas, E., Recherches expérimentales sur la multiplication des infusoires ciliés. Archives de zoologie experimentale, Tome VI, 1888.

3) Calkins, N. G., Studies on the life-history of protozoa. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, 15. Bd., 1903.

Entwicklungszyklus und stellt eine auf innere Ursachen beruhende Phase des Infusorlebens dar.

Zu einer ähnlichen Ansicht kam auch Hertwig[1]). Er studierte hauptsächlich die bei fortgesetzter ungeschlechtlicher Fortpflanzung eintretenden Wandlungen der Protistenzelle und erblickt in den auftretenden Veränderungen zwischen Plasma- und Kernmasse, in der „Kernplasmarelation" den springenden Punkt. Wird das normale Verhältnis zwischen beiden gestört, so kommt es zu einer Kernhypertrophie und damit zu jenen Erscheinungen, die Calkins Depressionszustand nennt. Durch die Konjugation kann der normale Zustand wieder hergestellt werden, im Falle ihres Ausbleibens tritt der Tod ein. Auch nach R. Hertwig sind die Einzelligen nicht unsterblich, sondern der Tod ist eine notwendige Folge der Lebensfunktionen. —

Schon schien es, als ob die Ansicht Weismanns erschüttert sei, als der amerikanische Forscher Woodruff[2]) mit seinen Züchtungsversuchen hervortrat, die die Resultate von Maupas, Calkins und Hertwig in einem anderen Lichte erscheinen ließen und Weismanns Lehre von der Unsterblichkeit der Einzeller in hohem Maße stützten. Woodruff ging von einem aus einem Aquarium stammenden Paramaecium caudatum aus und züchtete von diesem im Laufe von 7 Jahren in hohlen Objektträgern 4500 und im ganzen seit 1907 8000 Generationen unter Ausschluß der Konjugation, wobei die Nachkommen immer in frische Nährlösung überimpft wurden. Unter diesen Verhältnissen zeigte sich keine Degeneration oder Depression und die Zahl der Teilungen pro Tag oder die sogenannte Teilungsrate blieb, von gewissen rhythmischen Schwankungen[3]), auf die hier nicht eingegangen zu werden braucht, abgesehen, auch nach Tausenden von Generationen dieselbe wie im Anfange.

Für den Ausfall solcher Versuche ist es nämlich von wesentlicher Bedeutung, daß die Nachkommen immer in eine frische Nährlösung eingebracht werden, weil sich sonst die ausgeschiedenen Stoffwechselprodukte der Infusorien anhäufen und jene Störungen hervorrufen, die zu der von Maupas, Calkins und Hertwig beobachteten Degeneration führen.

Wird die Ansammlung solcher Stoffe durch die stete Verwendung noch ungebrauchter Nährlösung vermieden, dann kann man, wie Woodruff gezeigt hat, Tausende von Generationen ohne Ein-

---

1) Hertwig, R., Über physiologische Degeneration bei Protozoen. Sitzungsber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiologie in München 1900, Heft 1. Über physiolog. Degeneration bei Actinosphaerium Eichhorni. Festschrift zum 70. Geburtstage von Ernst Haeckel. Jena 1904. Über neue Probleme der Zellenlehre. Archiv für Zellforschung 1 (1908).

Über die Ursache des Todes. Vortrag, Beilage zur Allgemeinen Zeitung vom 12. Dez. 1906.

Über Parthenogenesis der Infusorien usw. Biolog. Zbl. 1914, p. 557.

2) Woodruff, L. L., Two thousand generations of Paramaecium. Arch. f. Protistenkunde, **21** (1911); Dreitausend und dreihundert Generationen von Paramaecium ohne Konjugation. Biolog. Zentralbl., **33** (1913); A summary of the results of certain physiological studies on a pedigreed race of Paramaecium. Biochemical Bullet., Vol. I, No. 3, 1912.

Vgl. auch Lipschütz, A., Allgemeine Physiologie d. Todes. 1915, p. 15. Die Wissenschaft, Einzeldarstellungen usw., Bd. 57.

3) Erdmann, Rh. und Woodruff, L., Vollständige periodische Erneuerung des Kernapparates ohne Zellverschmelzung bei reinlinigen Paramaecien. Biologisches Zentralbl. 1914, p. 484.

schaltung der Konjugation durch bloße Teilung heranziehen und auf diese Weise tatsächlich die Richtigkeit der Weismann-schen Ansicht von der Unsterblichkeit der Einzeller dartun.

Die gegenseitige Beeinflussung von Organismen durch ihre Ausscheidungsprodukte spielt überhaupt eine große Rolle[1]). Ich erinnere an das Verhältnis zwischen Wirt und Parasit, an die Symbiose und an die Einwirkung der Bakterien, Hefen und Schimmelpilze auf den Nährboden. Es können dabei wachstumschädliche und wachstumfördernde Stoffe ausgeschieden werden, und die ersteren können sich derart anhäufen, daß die Entwicklung aufgehoben wird, die Organismen krankhaft verändert werden und schließlich absterben, entsprechend dem von Duclaux[2]) aufgestellten Satz: „que le milieu que se crée le microbe est pour lui de moins en moins nutritif, de plus en plus antiseptique".

Man muß sich eigentlich darüber wundern, daß man verhältnismäßig so spät auf den Gedanken gekommen ist, die Selbstausscheidungen der Infusorien für die Degeneration verantwortlich zu machen, da ja jedem Bakteriologen das Nachlassen des Bakterienwachstums, ihrer Farbstoffbildung oder der Lichtentwicklung auf ein und demselben Nährboden trotz des Vorhandenseins noch genügender Nährstoffe schon ziemlich lange bekannt ist. Stehen z. B. in einem Leuchtbakterienfeld die Kolonien zu dicht, so bleiben sie klein, weil sie sich nicht bloß die Nahrung gegenseitig wegnehmen, sondern auch durch Ausscheidungen in der Entwicklung wechselseitig behindern. Aber selbst wenn man in einem mäßigen Nährsubstrat nur eine einzige Kolonie davon aufkommen läßt, so hört diese schließlich zu wachsen und zu leuchten auf, weil die Sekrete, trotz der noch reichlich vorhandenen Nahrung, Wachstum und Leuchten sistieren.

Analoges konnte Richter[3]) bei seinen Diatomeenreinkulturen beobachten. Indem er auf seine eigenen und Beijerincks Erfahrungen hinweist, kommt er zu dem Schlusse, „daß alle Algen, wenn sie nur so gezogen werden, daß es zu einer ungeheuren Anhäufung auf einem sehr begrenzten Raume kommt, Erscheinungen zeigen, die nur dadurch erklärt werden können, daß sie Stoffwechselprodukte ausscheiden, die ihrerseits giftig auf die Erzeuger einwirken und sie in Vermehrung und Wachstum hemmen. Die Notwendigkeit häufiger Überimpfung der Versuchsobjekte folgt daraus von selbst".

Die entsprechenden Vorgänge bei Paramaecium stehen also gar nicht vereinzelt da, sondern gehören in den Rahmen einer weitverbreiteten Erscheinung.

Um nun wieder auf das Unsterblichkeitsproblem der Infusorien zurückzukommen, so wissen wir jetzt, daß die Konjugation für eine ungehinderte Aufeinanderfolge selbst tausender Generationen nicht notwendig ist, daß sie aber, falls infolge nicht richtiger Kultur Degeneration eintreten sollte, diese aufzuheben vermag. —

Es gibt auch zahlreiche Einzeller, die überhaupt keiner Konjugation fähig sind und sich ausschließlich durch Teilung, also ungeschlechtlich,

---

1) Vgl. den lesenswerten Vortrag E. Küsters: Über chemische Beeinflussung der Organismen durcheinander. Leipzig 1909. Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen (Roux), Heft VI.

2) Duclaux, Traité de microbiologie, Tome I, p. 236.

3) Richter, O., Die Ernährung der Algen. Monographien u. Abhandlungen zur internat. Revue der gesamten Hydrobiologie u. Hydrographie, Bd. 2, p. 98.

vermehren. So die Bakterien und Blaualgen oder Cyanophyceen. Daß diese im Sinne Weismanns als unsterblich zu betrachten sind, kann keinem Zweifel unterliegen. Außerdem kennt man eine große Anzahl von einzelligen Algen und Pilzen, die ebenso wie die Infusorien sich abwechselnd durch Teilung und Konjugation fortpflanzen. Ob diese sich unbegrenzt nur ungeschlechtlich vermehren können, ist zwar sehr wahrscheinlich, aber nicht bewiesen. Es wäre daher sehr wünschenswert, wenn auch mit diesen Organismen ähnliche Züchtungsversuche angestellt würden, wie dies mit Paramaecium geschehen ist. Solche Experimente würden mit Desmidiaceen leicht anzustellen sein, und sie dürften aller Wahrscheinlichkeit nach ganz ähnliche Resultate ergeben wie die mit Infusorien.

Zuchtversuche, wie sie Woodruff mit Infusorien durchgeführt, hat Hartmann[1]) mit einem grünen, kolonienbildenden Flagellaten, der Eudorina elegans gemacht, der sich nur ungeschlechtlich fortpflanzt. Hartmanns Zuchten konnten durch 10 Jahre fortgeführt werden, „wobei über 3000 Generationen rein ungeschlechtlich ohne Depression oder sonstige Kern- oder Zelldegeneration bei gleicher Teilungsrate hervorgingen" (p. 60). Daher darf man wohl auch diesem grünen Flagellaten Unsterblichkeit im Sinne Weismanns zusprechen.

Bělař erzielte für einen tierischen Protisten, für das Sonnentierchen, Actinophrys sol in 5jährigen Zuchten dasselbe Resultat.

Es ist von großem Interesse, daß man auch bei einigen niederen vielzelligen Tieren, die sich durch Teilung und Knospung ungeschlechtlich zu vermehren vermögen, dasselbe nachzuweisen vermochte. Goetsch und Gross konnten unsere gewöhnlichen Süßwasserpolypen rein ungeschlechtlich jahrelang unter konstanten Bedingungen und in gewöhnlichen Zählkulturen weiterziehen. Gleiches konnte Hartmann an gewissen Strudelwürmern (Stenostomum) und Hämmerling[1]) an dem Oligochäten (Aelosoma) feststellen, ohne daß sich physiologische Degenerationen oder Depressionen bemerkbar machten, wenn nur für gleichmäßig günstige Bedingungen gesorgt wurde.

1.

Sind alle Einzeller unsterblich?

a) Tierische Protisten.

Häufig wird die Auffassung Weismanns von der Unsterblichkeit der einzelligen Lebewesen so hingestellt, als ob alle Einzeller unsterblich wären. Eine solche Verallgemeinerung ist aber durchaus nicht berechtigt, wie bereits Hertwig und Korschelt[2]) für Tiere bemerkt haben, und wie ich gleich für die Pflanze auseinandersetzen werde. Hertwig hat auf den Untergang des größeren Teiles der Zellkerne beim Enzystieren der Heliozoen hingewiesen und faßt solche Vorgänge als einen „Partialtod" einzelliger Organismen auf. Bei anderen Protozoen bleibt, wie z. B. bei Noctiluca, nach der Ausbildung einer größeren Anzahl von Schwärmern ein Teil des Zellkörpers als nicht mehr lebensfähiger Rest zurück. Bei

1) Hartmann, M., Tod, Fortpflanzung und Verjüngung. Senkenberg-Bücher II, p. 59–61.

2) Korschelt, E., Lebensdauer usw., l. c. p. 129 u. d. flg.

gewissen, mit Schalen und Skelett versehenen Protozoen gehen, wie KORSCHELT hervorhebt, mehr oder weniger umfangreiche Teile der Zelle zugrunde, „sei es, daß sie beim Teilungsvorgang nicht mitverwendet werden können oder aus irgendwelchen Gründen während des gewöhnlichen vegetativen Lebens verbraucht, abgenutzt und von dem Tier entfernt werden, wie die Abstoßung des Wimperapparates und anderer Körperteile zeigt".

Die neuere Protistenforschung hat gelehrt, daß insbesondere die großen vielkernigen Formen bei der Fortpflanzung, wenn sie dabei entsprechend den vorhandenen Kernen in eine entsprechende Zahl von kleinen einkernigen Fortpflanzungskörpern zerfallen, Leichenteile, ja sogar vom Formwert von Zellen, erscheinen lassen. Diese multiple Fortpflanzung ließ besonders bei den vielkernigen, durch Gestalt und Struktur so wunderbaren Radiolarien erkennen, daß sie bei der Fortpflanzung sterben. Ihre so prächtige Organisation wird dabei zerstört und größere Körperteile und Kerne werden dabei zur Leiche. Dies gilt für alle Protisten mit multipler Fortpflanzung. Es lassen sich dabei alle Übergänge von Leichenteilen unterscheiden, von solchen, die den Formwert einer Zelle besitzen, bis zu kernlosen Restkörpern und Zellorganen. Wie HARTMANN richtig hervorhebt, läßt sich hier der mit der Fortpflanzung zusammenfallende Abschluß einer individuellen Entwicklung und der sodann einsetzende Beginn einer neuen Entwicklung beobachten, so daß man hier in der Tat von einem Individualtod sprechen kann[1]).

Man hat auch die Frage aufgeworfen, ob der unsterbliche Einzeller nicht auch während seines Individuallebens altert, bis er durch die Fortpflanzung wieder verjüngt wird? Diese Frage wurde tatsächlich von RUBNER[2]) für Hefezellen und von HARTMANN[3]) für Gonium pectorale experimentell geprüft, indem versucht wurde, die Fortpflanzung zu unterdrücken. RUBNER versuchte durch bestimmte Ernährungsbedingungen die Fortpflanzung bzw. das Wachstum der Hefe zu verhindern, ohne aber die sonstigen Lebensvorgänge zu unterbrechen. Unter diesen Umständen nimmt die Gärkraft, die in den ersten 4 Tagen unverändert bleibt, ab, das Wachstum der Hefe hört auf und schließlich stirbt sie ab. Ohne Wachstum, ohne Sprossung ist also das Leben der Hefe von begrenzter und verhältnismäßig kurzer Dauer. HARTMANN experimentierte mit Gonium. Bei dieser Alge konnten in konzentrierten Nährsalzlösungen Individuen von vierfacher Normalgröße gezüchtet werden. Diese lebten wochenlang weiter, im Gegensatz zu normalen Individuen, die sich innerhalb 1—2 Tagen fortpflanzten. Schließlich führte dieses fortgeführte Experiment zum Absterben der an der Fortpflanzung verhinderten Kulturen. Dies spricht sehr dafür, daß auch die Einzeller während ihres Individuallebens altern und durch die Fortpflanzung eine Verjüngung des Zellplasmas erfolgt.

HARTMANN ist es durch ein interessantes und sehr bedeutungsvolles Experiment gelungen, zu zeigen, daß die verjüngende Wirkung der Fortpflanzung durch periodisch wiederholte Amputation mit nachfolgender Regeneration ersetzt werden kann. Wurde dem vielzelligen Strudelwurm Stenostomum leucops, und zwar demselben Individuum, das

1) HARTMANN, M., l. c. p. 62.

2) RUBNER, M., Das Problem der Lebensdauer und seine Beziehungen zu Wachstum und Ernährung. München u. Berlin 1908.

3) HARTMANN, M., l. c. p. 64.

Vorderende 52mal amputiert, so konnte er 13 Monate am Leben erhalten werden, also eine Zeitdauer, in der bei Geschwistertieren 41 Teilungen eintraten. Analoge Versuche gelangen bei dem Infusor Stentor coeruleus und den beiden Amöbenarten A. proteus und A. polypoda. So konnte HARTMANN[1]) ein Individuum von A. polypoda durch 32 Amputationen mit nachfolgender Regeneration 42 Tage lang lebend erhalten, während in der gleichen Zeit ein Individuum desselben Stammes sich 15mal teilte. Amoeba proteus teilt sich unter bestimmten Kulturbedingungen jeden 2. Tag, und bei dieser Art gelang es dem genannten Autor, die Lebensdauer eines Individuums durch 52 Amputationen sogar um 50 Tage zu verlängern. HARTMANN meint, daß man durch fortgesetzte Durchführung derartiger Versuche das Leben des Individuums dauernd erhalten könnte. Die mit der normalen Fortpflanzung sich einstellende Verjüngung kann also hier durch Verkleinerung des Körpers, d. h. durch die Amputation herbeigeführt werden.

Auf welche Weise die Amputation zur Verlängerung des Individuallebens führt, ob wirklich, wie HARTMANN glaubt, durch Erleichterung der Auswanderung der Exkretstoffe aus dem amputierten Körper, bleibt natürlich fraglich, denn es könnten meiner Meinung nach die auf der Wundfläche sich bildenden Wundstoffe analog wie bei den Wunden höherer Pflanzen neubelebend und auffrischend, mit einem Worte, verjüngend auf das Amöbenplasma wirken.

Durch HARTMANNS Amputationsversuche ist die potentielle Unsterblichkeit von Protozoenindividuen dargetan und gleichzeitig gezeigt worden, daß auch das Protozoenindividuum altert und die Alterserscheinungen durch die Fortpflanzung aufgehoben werden. Die Fortpflanzung bringt also tatsächlich eine Verjüngung mit sich, und die Amputation bildet in den geschilderten Versuchen dafür einen Ersatz[2]).

b) Diatomeen.

Die Botaniker haben sich meines Wissens bisher nicht mit WEISMANNS Unsterblichkeit-These in ihrer Beziehung zu den Kieselalgen und einigen anderen pflanzlichen Einzellern, bei denen die Sache nicht ohne weiteres klar ist, beschäftigt. Deshalb sollen die folgenden Zeilen diesem Gegenstande gewidmet sein. Auf Grund eingehender Studien von PFITZER[3]) u. a. wissen wir, daß die Membran der Diatomeenzelle aus zwei Hälften besteht, die wie die beiden Teile einer Schachtel übereinander greifen. Beide sind so hochgradig verkieselt, daß sie, einmal ausgebildet, nicht mehr wachsen können und nach dem Glühen mit allen ihren Struktureigentümlichkeiten zurückbleiben.

---

1) HARTMANN, M., l. c. p. 65.

2) Auch Bakterien können ihre Eigenschaften im Laufe ihres individuellen Lebens ändern. Hierzu ein Beispiel. Junge Zellen sind gegen hohe Temperaturen oft empfindlicher als alte. So hat sich bei Untersuchungen über die Wärmewiderstandsfähigkeit wärmeliebender und wärmeertragender Bakterien, die aus Milch isoliert wurden, gezeigt, daß junge Bakterien schon bei verhältnismäßig niedrigeren Temperaturen absterben als alte. Dies wurde nachgewiesen für Microbacterium lacticum, Sarcina lutea und Streptococcus thermophilus*).

*) ROBERTSON, A. H., Thermophilic and thermoduric microorganisms, with special reference to species isolated from milk. Vermont Agricultural Experiment Station, Burlington, Vermont, June 1927, Bulletin 275.

3) PFITZER, E., Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bacillariaceen (Diatomeen). In HANSTEINS Botan. Abhandl. usw. 2. Heft. Bonn 1871.

Wenn eine Diatomee sich teilt, so werden die beiden Schalen durch den sich vergrößernden Plasmakörper auseinandergeschoben und jede Tochterzelle erhält von der Mutterzelle je eine alte Schalenhälfte, die andere Hälfte muß daher von der Tochterzelle neugebildet werden.

Wie eine einfache Überlegung lehrt, müssen, da die alten ausgebildeten Hälften infolge ihrer starken Verkieselung nicht mehr zu wachsen imstande sind, sich die neuen diesem Umstande anpassen, und so entstehen zwei Tochterzellen, von denen die eine so groß wie die Mutterzelle, die andere aber kleiner ist. Diese letztere wird, da die jüngere Schale unter die ältere greift, um die doppelte Dicke der Membran kürzer als die Mutterzelle sein und nach dem Binomialsatz läßt sich, vorausgesetzt, daß sich alle Zellen gleichmäßig teilen, berechnen, daß schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit sehr kleine Zellen entstehen werden.

Selbstverständlich kann dieser Verzwergungsprozeß nicht endlos weiter gehen, es muß eine Wiederherstellung der ursprünglichen Größe erfolgen, und dies geschieht durch die Konjugation oder Auxosporenbildung. Diese kann sich je nach den Arten in sehr verschiedener Weise vollziehen. Es seien hier nur folgende Fälle angeführt: zwei Individuen legen sich aneinander, ihre beiden Plasmen vereinigen sich nach dem Auseinanderweichen der beiden Schalenhälften und bilden schließlich die Auxospore, die sich bedeutend streckt, bis sie die ursprüngliche Größe der Diatomee erhält. So spielt sich der Vorgang der Konjugation bei Surirella ab. Wie aus der Fig. 1 ersichtlich ist, nähern sich zwei Zellen mit den schmalen Enden bis zur Berührung. Dann klappen die Schalenhälften auseinander und die beiden Protoplasten vereinigen sich zu der rasch heranwachsenden Auxospore. Oder die Kopulation vollzieht sich bei Rhopalodia und zahlreichen anderen genannten Diatomeen so, daß sich zwei Zellen aneinanderlegen, die Schalen durch Gallertbildung auseinanderweichen, die Protoplasten sich in je 2 Tochterzellen teilen und durch paarweises Verschmelzen dieser letzteren zwei Auxosporen entstehen, die zu der für die Art eigentümlichen, größtmöglichen Zellgröße heranwachsen. Durch diese Auxosporen oder Vergrößerungszellen wird der geschilderten, vorschreitenden Verkleinerung bis zu einer gewissen, allerdings wechselnden Grenze Halt geboten und die ursprüngliche Größe der Diatomee wiederhergestellt.

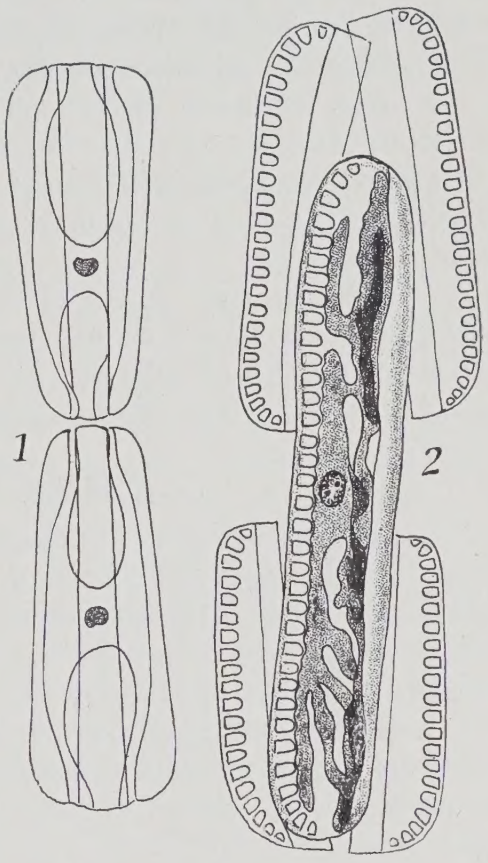

Fig. 1. Surirella saxonica. Auxosporenbildung. 1 Zwei Zellen haben sich zwecks Kopulation mit den schmalen Seiten genähert. 2 Auxospore. Nach G. Karsten.

Außer dieser geschlechtlichen Auxosporenbildung wurde bei verschiedenen Diatomeen auch eine ungeschlechtliche beobachtet. Diese

vollzieht sich in der Weise, daß eine Zelle sich in 2 Tochterzellen teilt, die direkt zu Auxosporen auswachsen (Synedra, Rhabdonema) oder dadurch, daß die Zelle, wie bei Melosira, nach Sprengung der Schale durch Vergrößerung direkt zur Auxospore wird.

In beiden Fällen, gleichgültig, ob die Auxosporenbildung sexuell oder asexuell verläuft, werden die beiden verkieselten Schalenhälften der Mutterzellen abgeworfen. Darf man die Schalen deshalb als Leichenrest bezeichnen und die Diatomee als sterblich?

Erwägt man, daß die verkieselte Haut der lebenden Diatomee eigentlich tot ist und sozusagen einen Sarg um die lebende Masse herum bildet, so stirbt ja die Membran nicht, sondern wird als bereits totes Gebilde bei der Auxosporenbildung abgestoßen, während von den lebenden Protoplasten nichts zugrunde geht.

Wir kommen daher zu folgendem Ergebnis: Die Teilung der Diatomeen kann, da die Zellen der aufeinanderfolgenden Generationen immer kleiner und kleiner werden müssen, unmöglich endlos weiter gehen — im Gegensatz zu Bakterien, vielen Algen und Infusorien.

Durch die Auxosporenbildung wird die ursprüngliche Größe der Diatomeen wieder hergestellt. Ob sich die Diatomee durch Teilung oder durch Bildung von Auxosporen fortpflanzt, der Protoplast sirbt nicht, er ist unsterblich.

c) Einige andere einzellige Algen.

Es gibt einige grüne Einzeller, die, wenn sie sich fortpflanzen, nach der Umbildung ihres Plasmas in Zoo- oder Aplanosporen, ihre Membran, mitunter sogar Geißeln oder andere Zellreste zurücklassen. Will man diese Überbleibsel als Leiche bezeichnen, so kann man diese Einzeller nicht mehr als unsterblich im Sinne von Weismann auffassen.

Botrydium granulatum ist eine kleine, auf Schlamm lebende Alge, die aus einem grünen, blasenförmigen oberirdischen und einem farblosen, wurzelartigen unterirdischen Teil besteht. Ihre Fortpflanzung ist ungeschlechtlich und besteht darin, daß sich im Innern der Zelle eine sehr große Anzahl von Zoosporen bildet, die ausschlüpfen und wieder zu neuen Pflänzchen auswachsen. Die alte Mutterzelle aber bleibt in Gestalt der Membran mit verschiedenen Inhaltsresten als Leiche zurück.

Von den Volvocales will ich nur Haematococcus pluvialis, Chlamydomonas nivalis und von den Protococcales Chroococcum limicola und Chlorella vulgaris als Beispiele anführen, die auch hierher zu rechnen wären.

Haematococcus pluvialis, eine in Regenpfützen häufig auftretende Alge, entwickelt ebenso wie die den „roten Schnee“ verursachende Chlamydomonas nivalis mehrere Schwärmzellen, die durch Zerreißen der Membran frei werden und sich dann zu einer der Mutterzelle gleichen Zelle ausbilden. Sie können sich aber auch geschlechtlich vermehren, indem die Mutterzelle zweiwimperige, gleichartige Gameten in größerer Zahl (bis 64) entwickelt, die nach dem Ausschlüpfen kopulieren.

Chlorococcum erzeugt durch Teilung im Innern eine Anzahl von ausschlüpfenden Zoosporen und Chlorella, jene weit verbreitete Alge, die so häufig symbiotisch im Plasma von Infusorien, Hydra, Spongilla und Planarien angetroffen wird, teilt sich in 2, 4 oder 8 Aplanosporen, die sich wieder mit einer Membran umgeben.

In allen diesen Fällen bleibt die Membran der Mutterzelle gewöhnlich mit verschiedenen Zellresten nach dem Ausschlüpfen zurück, so daß man nicht mehr sagen kann, daß die ganze Substanz der Mutterzelle in die Tochterzellen übergeht. —

Auch bei höheren Gewächsen ist der Partialtod etwas Gewöhnliches: wenn im Herbste alljährlich von Bäumen die Blätter abfallen und dann absterben; wenn der Baum die Borke abwirft und sich dadurch toter Gewebe entledigt; wenn im sich bildenden Kernholz des lebenden Baumes das Holzgewebe abstirbt und sich mit Abfallstoffen des Stoffwechsels beladet; wenn sich die Haare von den Blättern freiwillig ablösen oder schon auf diesen sich mit Luft füllend sterben oder Blütenorgane von der Pflanze abgeworfen werden, so stirbt in allen diesen Fällen ein Teil des Individuums und dieses erfährt somit einen Partialtod.

d) Sproßpilze.

Die Hefe ist ein einzelliger Pilz. Seine Vermehrung erfolgt gewöhnlich durch Sprossung, indem die Wand an irgendeinem Punkte eine Ausbauchung bildet, die sich allmählich vergrößert, von der Mutterzelle abgrenzt und sich schließlich durch Ablösung selbständig macht. Man bezeichnet den ganzen Vorgang als Sprossung. Sowohl die Mutter- wie die Tochterzelle können wieder neue Sproßzellen bilden.

Hier liegt der Fall doch einigermaßen anders als bei der Teilung einer Bakterie oder eines Paramaeciums, denn bei der Sprossung der Hefe geht die Mutterzelle nicht in zwei neue Tochterzellen auf, sondern sie schnürt eine neue Tochterzelle ab, so daß aus der Sprossung die ursprüngliche alte und eine junge Zelle resultiert. Da sich bei der Sprossung der Kern teilt, so haben wohl beide gleiche Kerne, und in vielen Fällen auch gleichgroße Plasmaportionen, aber ihre Haut ist sicher dem Alter nach verschieden, denn die abschnürende Zelle behält die alte und die abgeschnürte erhält eine neue, junge Haut. Mit anderen Worten: Bei der Fortpflanzung der Hefe (Sprossung) geht die Mutterzelle nicht in zwei gleiche Tochterzellen auf. Von einer Leiche aber kann bei dieser Art des Teilungsprozesses auch nicht die Rede sein, denn die Mutterzelle, welche sproßt, kann ja, wenn sich die junge Sproßzelle abgelöst hat, wieder nach und nach neue Sproßzellen bilden.

Ob die ursprüngliche Mutterzelle unbegrenzt weiter sprossen kann oder — selbst immer frische Nährlösung vorausgesetzt — nur eine gewisse Zeit hindurch, das ist bisher nicht genau experimentell geprüft worden und deshalb läßt sich auch die Frage, ob die Hefe als unsterblich zu bezeichnen ist, vorläufig nicht beantworten.

Viele Hefen bilden bekanntlich unter besonderen Bedingungen bei Nahrungsmangel, freiem Zutritt von Sauerstoff und günstiger Temperatur Schläuche oder Asci, die, im Äußeren den gewöhnlichen Zellen sehr ähnlich, einige wenige Sporen (Ascosporen) bilden. Diese werden schließlich frei, und die alte Zelle bleibt mit ihrer Wand und Zellresten zurück — sie stirbt. Es ist aber nach den vorliegenden Erfahrungen nicht sehr wahrscheinlich, daß die Ascosporenbildung notwendig in die Entwicklungsbahn der Hefe gehört, da zahlreiche Hefearten überhaupt niemals Ascosporen bilden und ascosporenbildende Hefen die Fähigkeit, Schläuche zu erzeugen, verlieren können, ohne darunter zu leiden. Wir werden

daher wohl kaum mit der Annahme fehlgehen, daß die Schlauchsporen lediglich eine Art Dauersporen darstellen, dazu bestimmt, die Hefe möglichst lange scheintot zu erhalten und in diesem Zustande ungünstige Verhältnisse zu überdauern.

e) Zusammenfassung.

1. Die Auffassung Weismanns, daß die Einzeller unsterblich sind, trifft auch für die Mehrzahl der einzelligen Pflanzen zu. Zweifellos für die Bakterien und Blaualgen, die sich nur ungeschlechtlich durch Teilung und zwar unbegrenzt durch unzählige Generationen fortpflanzen.

2. Die Diatomeen können sich aber nicht unbegrenzt durch Teilung, vermehren, weil sie wegen ihres Baues bei der Teilung immer kleiner werden und daher von Zeit zu Zeit, um wieder die ursprüngliche Größe ihrer Art herzustellen, zur Auxosporenbildung schreiten müssen. Obwohl sie dabei ihre alten Kieselpanzer abwerfen, so kann doch, da diese an und für sich tote Gebilde darstellen, nicht gut von einem Sterben gesprochen werden. Von dem lebenden Protoplasten geht ja weder bei der Teilung noch bei der Auxosporenbildung etwas verloren, und deshalb können auch die Kieselalgen als unsterblich betrachtet werden.

Anders steht aber die Sache bei jenen einzelligen Algen, bei deren Fortpflanzung nicht bloß die Membran der Mutterzelle, sondern auch noch andere Zellbestandteile zugrunde gehen und übrigbleiben, so daß man hier bereits von einem teilweisen Absterben, also von Leichenresten und nicht mehr streng von Unsterblichkeit sprechen kann.

3. Aus unseren Ausführungen ergibt sich auch für die Pflanze, daß der Tod keine allgemeine Eigenschaft der lebenden Substanz ist (Bakterien, Cyanophyceen usw.), daß er sich aber bei gewissen Einzellern schon zu entwickeln beginnt, indem einzelne Teile der Zelle bei der Fortpflanzung absterben und als „Leichenrest“ übrigbleiben.

2.

Generationsdauer, Vermehrungsfuß und individuelle Lebensdauer.

Wenn vorher von der Unsterblichkeit der Einzeller die Rede war, so ist damit nicht auch gesagt, daß sie überhaupt nicht sterben können. Jeder Einzeller kann unter Verhältnisse kommen, unter denen er gleichfalls dem Tode anheimfällt. Es gibt viele Bakterien, Algen, Infusorien und Flagellaten, die das Austrocknen nicht vertragen. Viele unterliegen der Kälte, alle der Hitze (100—150° C), verschiedenen Giften und anderen schädlichen Bedingungen oder Katastrophen. In diesen Fällen bleibt aber das Individuum gewöhnlich als Leiche zurück, und deshalb kann man auch vom Sterben der Einzeller sprechen. Nur wenn solche Schädigungen ausbleiben und die Vermehrung ungestört weiter gehen kann, setzt sich die lebende Substanz der Mutterzelle bei der Teilung in die Tochterzelle fortwährend um. Diese Vermehrung geht bei verschiedenen Einzellern in sehr verschiedenem Tempo vor sich, bald auffallend rasch wie bei vielen Bakterien und Hefen, bald mäßig rasch oder langsam wie bei Flagellaten, Diatomeen und Infusorien.

Bevor darauf näher eingegangen wird, soll zunächst auf einige Begriffe hingewiesen werden, die von Wichtigkeit sind, die aber mitunter nicht scharf auseinander gehalten werden. Ich meine: die Generationsdauer, den Vermehrungsfuß und die individuelle Lebensdauer.

Generationsdauer ist die Zeit, innerhalb welcher sich ein Einzeller teilt, also die Zeit vom Beginne bis zum Schlusse der Teilung.

Vermehrungsfuß ist die Anzahl der Nachkommen, die pro Tag aus einer Zelle entstehen.

Individuelle Lebensdauer der Einzeller ist die Zeit, die von einer Zellteilung bis zur nächsten verstreicht. — Bei rapider Zellteilung kann auf die eben vollendete Teilung gleich wieder eine nächste folgen, in einem solchen Falle wird die individuelle Lebensdauer Null oder ein Minimum an Zeit sein.

Über den Begriff der Lebensdauer in Abhängigkeit von äußeren Schädlichkeiten und Abnahme der Widerstandsfähigkeit siehe die Ausführungen Pütters[1]).

Bakterien. Nach der herrschenden Ansicht teilt sich ein Stäbchen der gewöhnlichen saprophytischen Arten unter günstigen Entwicklungsbedingungen etwa alle 20—30 Minuten[2]). Eine solche Geschwindigkeit muß als eine sehr rapide bezeichnet werden, denn wir kennen, wenigstens nach den vorliegenden Beobachtungen, sonst keine anderen Lebewesen, die sich so rasch vermehren wie die Bakterien. Ihr Vermehrungsfuß ist ganz außerordentlich groß, mit anderen Worten: ihr individuelles Leben sehr kurz. Das ist aber nicht immer der Fall, da manche Bakterien, selbst unter günstigen Bedingungen, sehr langsam wachsen. Der Vermehrungsfuß muß beim Tuberkelbazillus, wie man aus der langsamen Entwicklung der Kolonien ersehen kann, viel kleiner sein. Nährstoffe, Temperatur, Licht, Stoffwechselprodukte und andere Faktoren haben sicher auf die Vermehrungsgeschwindigkeit einen sehr großen Einfluß, so daß der Vermehrungsfuß selbst bei ein und derselben Art keine bestimmte, sondern eine sehr wechselnde Größe darstellen wird.

Wirken auf Bakterien ungünstige Umstände ein, sei es, daß sie zu hungern oder unter den eigenen Ausscheidungsprodukten zu leiden beginnen, so bilden sie Dauersporen, die, wie schon der Name sagt, lange Zeit als Individuum existieren können, bis sie, unter günstige Verhältnisse gelangend, sich wieder zu teilen anfangen. Auf diesen Punkt werde ich bei der Besprechung des Scheintodes noch einmal zurückkommen.

Sproßpilze oder Hefen. Die Vermehrungsgeschwindigkeit erscheint bei Hefen bedeutend geringer als bei den meisten Bakterien, sie kann aber im Verhältnis zu anderen Einzellern doch immerhin als eine recht beträchtliche bezeichnet werden.

Die Generationsdauer, d. h. die Zeitspanne, die erforderlich ist, damit aus einer Mutterzelle durch Sprossung eine vollerwachsene Tochterzelle entsteht, kann entweder durch direkte Beobachtung der einzelnen

---

1) Pütter, A., Zur Physiologie der Lebensdauer. Die Naturwissenschaften. 1920, p. 201—205.

2) Lafar, J., Technische Mykologie. 2. Aufl., Bd. I, Jena 1904—1907, p. 101. Benecke, W., Bau und Leben der Bakterien. Leipzig und Berlin 1912, p. 33.

sprossenden Zelle im Hängetropfen bestimmt werden oder aber durch Rechnung nach der von Basenau[1]) angegebenen Formel

$$x = \frac{t \log 2}{\log b - \log a},$$

in der a die Anzahl der ausgesäten, b die Anzahl der geernteten Zellen einer angelegten Zucht und t die Dauer des Versuchs bedeuten. Die Formel gilt aber nur unter der Voraussetzung, daß die Generationsdauer während der ganzen Versuchsdauer t für alle Zellen der Kultur die gleiche gewesen ist und jede neu entstandene Tochterzelle sich wieder sofort zur Sprossung anschickt. Besonders das letztere wird oft nicht zutreffen, weshalb die nach der gegebenen Formel berechnete Generationsdauer dann zu groß ausfällt[2]).

Pedersen[3]) bestimmte die Generationsdauer der Bierhefe unter verschiedenen Temperaturen und erhielt für den Verlauf der Entwicklung während der ersten 24 Stunden die Werte:

Temperatur	Generationsdauer
4° C	20 Stunden
13,5° C	10,5 „
23° C	6,5 „
28° C	5,8 „
34° C	9 „
38° C	keine Sprossung

Hoyer[4]) gelangte bei Beobachtung auf erstarrter Würzegelatine mit Hilfe der erwähnten Formel zu folgenden Ergebnissen:

	Temperatur	Generationsdauer
Saccharomyces Pastorianus I Hansen	13° C	6 St. 6 Min.
„ „ II	„	8 „ 45 „
„ „ III	„	8 „ 39 „
„ ellipsoideus I	„	9 „ 4 „
„ „ II	„	8 „ 49 „
„ anomalus	„	5 „ 12 „
„ Ludwigii	„	8 „ 10 „
„ membranaefaciens	„	7 „ 1 „
Hefe Saaz	„	7 „ 48 „
„ Frohberg	„	7 „ 21 „
„ apiculatus	„	4 „ 45 „

Bei 25° C war die Generationsdauer aber:

	Temperatur	Generationsdauer
Saccharomyces Pastorianus II. . . .	25° C	5 St. 12 Min.
„ „ III . . .	„	6 „ 8 „
„ ellipsoideus I	„	6 „ 12 „
„ „ II . . .	„	6 „ 9 „
„ membranafaeciens . .	„	5 „ 13 „
Hefe Saaz	„	4 „ 23 „
„ Frohberg	„	4 „ 18 „

Wie aus den angeführten Versuchen hervorgeht, schwankt die Generationsdauer verschiedener Hefearten unter günstigen Verhältnissen zwischen 4 und 9 Stunden und ist von der Temperatur in hohem Grade abhängig. Ausgedehntere Experimente werden sicherlich auch hier 3 Kardinalpunkte der Temperatur in bezug

1) Basenau, Fr., Archiv f. Hygiene, Bd. 23, 1895, p. 44.
2) Lafar, J., l. c. Bd. IV, p. 116.
3) Pedersen, R., Comptes rend. de Carlsberg 1878. Bd. I, p. 22. Vgl. auch Lafar, J. l. c. Bd. IV, p. 116.
4) Hoyer, D. P., Zentralbl. f. Bakteriologie, 2. Abt., Bd. 5, 1899, p. 703.

auf die Generationsdauer ergeben, in dem Sinne, daß bei einer gewissen mittleren Temperatur, dem Temperaturoptimum, die Generationsdauer am kürzesten sein wird.

Findet die Zucht in einem begrenzten Raume statt, dann werden sich alsbald Nährstoffmangel und giftig wirkende Ausscheidungsprodukte geltend machen, so daß die Vermehrungsgeschwindigkeit mehr und mehr abnehmen und schließlich auf Null sinken wird. Daß auch andere Faktoren die Generationsdauer beeinflussen können, z. B. die Zusammensetzung und Konzentration des Nährbodens, das Licht und das Alter der Ausgangszelle, sei nur nebenbei erwähnt.

Wie lange bleibt die Hefe, wenn die Sprossung und auch die Sporenbildung infolge äußerer Umstände unmöglich ist, in lebens- und entwicklungsfähigem Zustande? Man muß da unterscheiden zwischen Hefe in trockenem und feuchtem Zustande. Manche Hefearten sind gegen Austrocknen sehr empfindlich und ihre individuelle Lebensdauer ist eine sehr kurze. Trocken aufbewahrte Kulturhefe verliert nach Brefeld ihre Vermehrungsfähigkeit schon nach 14 Tagen. Nach Hansen bleibt Hefe, die zwischen sterilem Fließpapier aufbewahrt wird, zuweilen 5—20 Monate am Leben. Als längste Lebensdauer für trocken aufbewahrte vegetative Zellen einer Weinhefe werden 4 Jahre und für die Sporen dieser Hefe 5 Jahre angegeben[1]).

Die Hefesporen erhalten sich im allgemeinen immer länger lebensfähig als gewöhnliche Sproßzellen und gleichen in dieser Beziehung den Dauersporen der Bakterien.

Viel kürzer ist die Lebensdauer der Hefe im feuchten Zustande; sie hängt von dem Wassergehalt, der Heferasse und dem Zellindividuum ab. „Wenige widerstandsfähige Zellen überleben lange die Hauptmenge. Die Art und Weise der Neuzucht bedingt ebenfalls eine längere oder kürzere Lebensdauer. Bei je niederer Temperatur die Hefe lagert, desto länger bleiben die Zellen am Leben. Zufolge Henneberg sind 12° C schon viel ungünstiger als 7° C. Bei 7° C lebte nach 120 Tagen bei Hefe Frohberg noch etwa ein Fünftel aller Zellen. Hefe Frohberg lebte bei 22° C ungefähr 3 Wochen, über 30° C weniger als 1 Woche, Rasse II und Rasse XII wie Hefe Frohberg bei 22° C etwa 3 Wochen, wenn auch in einer geringen Zahl von teilweise als ‚Reservezellen' ausgebildeten Zellen. In Gefäßen mit größeren Hefemengen sterben die Zellen wahrscheinlich infolge Anhäufung der Stoffwechselprodukte im allgemeinen früher ab als in geringerer Hefemenge. Aus demselben Grunde sterben die Zellen in der Tiefe früher ab, während sie auf der Oberfläche länger am Leben bleiben. In wasserhaltigem Zustande ist also die Lebensdauer der Hefe eine verhältnismäßig kurze"[2]).

Solche Beobachtungen können auch der Praxis zugute kommen, weil ja bekanntlich die Hefe auch fabriksmäßig gewonnen wird und die passendste Konservierung lebender Kulturhefe für die Brauereien und den Haushalt von großer Bedeutung ist.

Peridineen. Beobachtungen über die Vermehrungsgeschwindigkeit der Peridineen verdanken wir Hensen[3]). Um den Gang der Vermehrung

---

1) Lafar, F., l. c., Bd. V, p. 107.
2) Lafar, F., l. c. Bd. V, p. 107.
3) Hensen, V. und Apstein, C., Die Nordsee-Expedition 1895 des deutschen Seefischerei-Vereins. Über die Eimenge der im Winter laichenden Fische. Kap. VI.

durch Teilung, d. h. die tägliche Vermehrung oder den „Vermehrungsfuß“ zu bestimmen, wendet er dieselbe Formel an, die für die Rechnung mit Zinseszinsen für die Kapitalvermehrung benutzt wird, wobei aber der Zinsfuß nicht für das Jahr, sondern für den Tag berechnet wird. Bedeutet A das Anfangskapital, ω den Zinsfuß, n die Anzahl der Tage, innerhalb welcher das Kapital Zinsen trägt, und C die Endsumme von Kapital und Zinseszinsen, so lautet, wie bekannt, die Formel

$$C = A_{\omega}^{n}$$

oder die logarithmische Rechnung für die Zinsfußbestimmung:

$$\frac{\log C - \log A}{n} = \log \omega.$$

Vermindert man den Zinsfuß oder Vermehrungsfuß um 1, so erhält man die Zinsen.

Auf Grund zahlreicher Berechnungen findet Hensen den Vermehrungsfuß für Peridineen durchschnittlich 1,2. Dieser sagt aus, daß sich jede Zelle durchschnittlich nach 5 Tagen geteilt hat.

Wenn die Peridineen sich innerhalb 5 Tagen einmal teilen, so beträgt die tägliche Erzeugung bei gleichbleibender Peridineenmasse stets ein Fünftel dieser Masse.

Diatomeen. Hensen hat auch die Vermehrungsgeschwindigkeit der Kieselalgen auf Grund der Apsteinschen Planktonfänge berechnet und findet den Zuwachsfuß dem der Peridineen ähnlich, nämlich 1,2 oder 1,25, also alle 4 Tage eine Teilung.

Benecke[1]) versuchte die Vermehrungsgeschwindigkeit farbloser Diatomeen im Hängetropfen zu bestimmen. Sehr geeignet erwies sich hierzu die Nitzschia putrida. Die Kulturen wurden in der Weise angesetzt, daß ein Stück einer mit farblosen Nitzschien besetzten Hefenhaut oder eines Schlickpartikelchens auf ein Deckglas in einen Hängetropfen gebracht und direkt mikroskopisch beobachtet wurde. Der Verfasser sagt selbst, daß es, offenbar wegen der im Tropfen sich gleichzeitig entwickelnden anderen konkurrierenden Organismen nicht gelang, übereinstimmende Ergebnisse zu erhalten, er beschränkt sich daher auf die Mitteilung, „daß in dem Falle, in dem die schnellste Vermehrung beobachtet wurde, innerhalb einer Woche zwei Exemplare der Nitzschia putrida, die in einer Kultur sich befanden, sich je zweimal geteilt hatten. Am 7. April waren zwei, am 14. acht Exemplare in dem Tropfen zu sehen (Zimmertemperatur, Dunkelschrank)“.

Ausführlichere Beobachtungen über die Vermehrungsgeschwindigkeit machte Karsten[2]). Sie sind um so wertvoller, als sie mit verschiedenen Arten und unter verschiedenen Kulturbedingungen durchgeführt worden sind und daher erkennen lassen, wie sehr die Zusammensetzung der Nährlösung und andere äußere Versuchsbedingungen, wie Licht und Dunkel, den Vermehrungsfuß beeinflussen. Die Kulturen wurden teils in kleinen

---

Über die Fruchtbarkeit des Wassers. Kiel u. Leipzig. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen. Bd. II, Heft 2, p. 79 u. d. ff.

1) Benecke, W., Über farblose Diatomeen der Kieler Föhrde. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Botanik, 35. Bd., 1900, p. 563.

2) Karsten, G., Über farblose Diatomeen. Flora, Bd. 89, Ergänzungsband zu 1901, p. 404.

Glasdosen, teils direkt auf hohl geschliffenen Objektträgern und teils in Hängetropfkulturen angesetzt. Bezüglich weiterer Einzelheiten sei auf das Original verwiesen. Folgende Versuchsergebnisse seien aus KARSTENS Arbeit hervorgehoben.

	Vermehrungsfuß	
	Licht	Dunkel
Navicula perpusilla . .	1,26	1,19
Nitzschia palea	1,18 1,28 1,16	1,09 1,17 1,36 1,17 1,36 1,21 1,11
Nitzschia Closterium . .	1,65 1,26 1,84	1,65 1,60 1,56 1,58 1,68 1,41
Nitzschia dubia	2,62 2,00 1,86 1,97 1,85	0 0 0 0 0
Nitzschia putrida . . .	2,08 2,23 1,91 2,64 1,87 1,58 3,16 2,74 1,87	

Wie sich aus der Tabelle ergibt, wird der von HENSEN für Peridineen festgestellte Vermehrungsfuß oft übertroffen und kann bei der farblosen, sich ausschließlich saprophytisch ernährenden Nitzschia putrida sogar die Höhe von 3,16 erreichen, d. h. daß diese Diatomee im besten Falle pro Tag sogar 2,16 Individuen liefern kann. KARSTEN bemerkt aber hierzu, daß im allgemeinen, da für seine Versuche nur schnell sich vermehrende Formen ausgesucht werden, alle langsam wachsenden Formen jedoch vernachlässigt worden sind, der Vermehrungsfuß 1,2 als guter Mittelwert der Vermehrung einzelliger Pflanzen angesehen werden darf.

Diese Schlußfolgerung scheint mir in dieser Verallgemeinerung zu weit zu gehen, denn die Bakterien sind doch auch Einzeller und haben wohl in vielen Fällen durchschnittlich einen viel größeren Vermehrungsfuß als 1,2.

Aber selbst bei Diatomeen dürfte diese Vermehrungsgeschwindigkeit noch in vielen, vielleicht in den meisten Fällen zu niedrig sein, denn

Richter[1]) hat den Vermehrungsfuß von Nitzschia putrida auf Grund sorgfältig durchgeführter Reinkulturen bestimmt und eine viel größere Vermehrungsgeschwindigkeit gefunden. Nach diesem Autor teilt sich Nitzschia putrida während des 2. Versuchstages alle 5 Stunden einmal. Dieser auffallende Unterschied in den Angaben von Benecke und Karsten einerseits und Richter andererseits liegt nach Richter in dem Umstande, daß Benecke und Karsten mit Roh-, er aber mit Reinkulturen gearbeitet haben. Richter vermutet, daß die in den Rohkulturen sich breitmachenden Bakterien durch ihre Ausscheidungen die Vermehrung hemmen.

Desmidiaceen. Angaben über die Generationsdauer dieser Algen verdanken wir Andreesen[2]). Die Schnelligkeit der Zellteilungen verläuft je nach der Nährlösung und der Individualität verschieden. Bei Darbietung von Leucin, Albumin, Mistauszug oder Erbsenabkochung, also unter günstigen Ernährungsverhältnissen, ist die Generationsdauer von Closterium moniliforme etwa 2 Tage. Von der ersten Einschnürungsphase bis zur Bildung ausgewachsener Tochterzellen verstreicht 1 Tag.

Bei Cosmarium botrytis betrug die Generationsdauer je nach der Art der Nährlösung 2—3,5 Tage.

Hyalotheca dissiliens bedarf zur Verdoppelung der Zellenzahl eines Fadens 4—5 Tage. Die Generationsdauer einer einzelnen Zelle dieser Alge war mit Bestimmtheit nicht zu ermitteln, sie beträgt aber nach Andreesen auch bei dieser Gattung 48 Stunden. —

Gewisse Flagellaten, wie Euglena gracilis, zeigen insbesondere bei mixotropher Ernährung gleichfalls eine verhältnismäßig große Vermehrungsgeschwindigkeit[3]) und so erklärt sich das oft überraschend reichliche und rasche Auftreten von Euglena und anderen Mikroorganismen in den an Jauche reichen Dorfteichen. Ich habe oft in Wasserfässern, denen behufs Herstellung eines guten Düngungswassers Kuhmist zugesetzt wurde, Euglena viridis in so großen Mengen auftreten sehen, daß die obersten Schichten eine tiefgrüne, rahmartige Masse, fast ganz aus Euglena bestehend, bildeten.

Alles in allem genommen sind unsere Kenntnisse über die Generationsdauer, den Vermehrungsfuß und die individuelle Lebensdauer der Einzeller noch äußerst lückenhaft. Die Zahl der einschlägigen Beobachtungen erscheint im Verhältnis zu der Menge von existierenden Arten von einzelligen Lebewesen geradezu minimal. Dazu kommt, daß mit der Ermittlung der Generationsdauer oder des Vermehrungsfußes noch nichts Genaueres über die individuelle Lebensdauer gesagt ist. Um hier klarer zu sehen, wären weitere, umfassendere Beobachtungen in den verschiedensten Abteilungen einfachster Organismen einzuleiten. —

Der bequemeren Übersicht wegen seien unsere Kenntnisse über die Generationsdauer und den Vermehrungsfuß von Pilzen und Algen und einigen anderen Organismen hier in der nachstehenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

---

1) Richter, O., Zur Physiologie der Diatomeen. II. Mitteilg. Die Biologie der Nitzschia putrida. Denkschriften d. Kais. Akad. d. Wissensch. i. Wien, Bd. 84, p. 60—61.

2) Andreesen, A., Beiträge zur Kenntnis der Physiologie der Desmidiaceen. Flora, 99. Bd., 1909, p. 391.

3) Zumstein, H., Zur Morphologie und Physiologie von Euglena gracilis Klebs. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Botanik, 34. Bd., 1900, p. 149.

Name der Gruppe	Name der Art	Generationsdauer	Vermehrungsfuß	Zeit, nach welcher eine Teilung erfolgt	Autor
Bakterien		20—30 Min.			
	Vibrio cholerae[1])	20 „			Fischer, A.
	Bacillus coli communis[1])	25 „			Fischer, A.
Saccharomyceten oder Hefen		4—20 Std.			Petersen, R. usw.
Peridineen			1,2	5 Tage	Hensen, V.
	Gymnodinium[2])	24 „			Küster, E.
Diatomeen			1,25	4 „	Hensen, V.
	Nitzschia		1,26	3,8 „ (i. Lichte	Karsten, G.
	„ palea		1,19	5,2 „ (im Finsteren)	Karsten, G.
	„ Closterium		1,58	1,7 „	Karsten, G.
	„ dubia		2,06	22,8 Std.	Karsten, G.
	„ putrida		2,23	19,4 „	Karsten, G.
	„ „			5 „	Richter, O.
Desmidiaceen	Closterium				
	Cosmarium	48 „			Andreesen, A.
Amöben[1])		10 Min.			Fischer, A.

Auf den ersten Blick scheint es, daß die Generationsdauer mit zunehmender Größe des Einzellers wächst. Die Bakterien als die kleinsten Einzeller haben eine sehr kurze Teilungsdauer, die relativ großen Peridineen und Diatomeen schon eine viel längere. Aber wenn auch die Größe zur Generationsdauer in Beziehung stehen dürfte, so scheint sie doch nicht allein von der Größe abzuhängen, denn die relativ großen Amöben und die Zellen der Staubfadenhaare von Tradescantia (die Generationsdauer dieser ist 80 Min.) haben, obwohl sie schon recht groß sind, dennoch eine kurze Teilungsdauer. Es dürften also noch andere Umstände die Generationsdauer beherrschen. Welche hier in Betracht kommen, darüber wird vielleicht erst dann eine befriedigende Antwort gegeben werden können, wenn ein großes Beobachtungsmaterial über die Generationsdauer der verschiedensten Einzeller vorliegen wird.

B.

Die Lebensdauer der Vielzelligen.

Der Körper der vielzelligen Pflanze setzt sich, wie auch der eines solchen Tieres, aus zweierlei Zellen zusammen, den Körper- oder Somazellen und den Fortpflanzungs- oder Propagationszellen. Bei manchen niederen Pflanzen mag der Unterschied nicht immer auffallend sein, aber mit fortschreitender Arbeitsteilung tritt er immer schärfer hervor. Er kann auch schon bei verhältnismäßig nieder organisierten

1) Fischer, A., Vorlesungen über Bakterien 1903, p. 33.
2) Küster, E., Eine kultivierbare Peridinee. Archiv f. Protistenkunde 1908, p. 351.

Pflanzen deutlich hervortreten, wie dies bei manchen Volvocineen leicht zu beobachten ist.

Die Grünalge Volvox bildet hohlkugelige Kolonien, bestehend aus zahlreichen Protoplasten, die durch feine Plasmafäden direkt zusammenhängen. Die Zellen sind aber hier nicht mehr gleichartig, sondern in Körper- und Fortpflanzungszellen differenziert. Die letzteren erscheinen als Spermatozoiden und Eier. Die männlichen Geschlechtszellen entstehen durch Teilung von Koloniezellen in zahlreiche Tochterzellen, stellen schlanke, mit 2 Wimpern versehene, bewegliche Zellen dar, während die Eizellen vergrößerte, grüne unbewegliche und von Gallerte umgebene Koloniezellen repräsentieren.

Nach dem Verschmelzen der Eizelle mit einem Spermatozoid im Innern der Koloniekugel entsteht eine Oospore, die nach einiger Zeit wieder eine neue Kolonie bildet. Auch ungeschlechtlich kann sich Volvox fortpflanzen, indem sich Koloniezellen durch fortgesetzte Teilung zu Tochterkolonien entwickeln.

Die Fortpflanzungszellen sind das sich fortgesetzt Verjüngende, die als Leiche zurückbleibenden Körperzellen aber das Vergängliche. Dies gilt nicht bloß für den einfachen Volvox, sondern auch für den höheren Pilz, das Moos, Farnkraut und den Baum. Ich pflichte Weismann vollends bei, wenn er den Tod in letzter Linie als eine Anpassungserscheinung auffaßt: „Ich glaube nicht, daß das Leben deshalb auf ein bestimmtes Maß der Dauer gesetzt ist, weil es seiner Natur nach nicht unbegrenzt sein könnte, sondern weil eine unbegrenzte Dauer des Individuums ein ganz unzweckmäßiger Luxus wäre“[1]).

Die Natur geht eben ihre eigenen Wege, ist nicht liebenswürdig, sondern schreckt selbst vor dem Tod nicht zurück, wenn es ihr zweckmäßig erscheint.

Bevor wir auf das Problem des Todes, insbesondere auf seine Ursachen und die damit zusammenhängenden Erscheinungen des Pflanzenlebens eingehen, wollen wir zunächst die Lebensdauer bei den verschiedenen Gewächsen übersichtlich darstellen und damit zugleich eine bemerkenswerte Lücke der botanischen Literatur ausfüllen, weil es bisher an einer solchen Zusammenstellung für das gesamte Pflanzenreich gefehlt hat.

1.
Kryptogamen.
a) Algen.

Trotzdem die Algenforschung nach verschiedenen Seiten hin sehr intensiv betrieben wurde und über die Lebenserscheinungen der Algen so mannigfaltige Kenntnisse festgestellt wurden, weiß man über ihre Lebensdauer nur sehr wenig Genaues. Speziell darauf gerichtete Beobachtungen fehlen sozusagen ganz; ich kann daher nur spärliche Daten, die ich hauptsächlich Oltmanns[2]) entnehme, darüber vorbringen.

Die Laminarien zeigen, wie bekannt, bedeutende, manche Gattungen ganz außerordentliche Dimensionen. Der Stiel der Laminaria saccharina kann eine Länge von 1—1½ m, der von L. longirostris sogar eine von 5 m, die Spreite der ersteren Art 2½—3 m, die der letzteren 4 m

1) Weismann, A., Über die Dauer des Lebens. Jena 1882, p. 32.
2) Oltmanns, F., l. c. I. Bd., p. 423 u. d. flg.

in der Länge und 60 cm in der Breite erreichen. Manche Lessonien erscheinen wie Bäume und der Stamm der Lessonia fuscescens wird 3—4 m hoch und wie ein Mannesschenkel dick. Nereocystis erreicht eine Gesamtlänge bis 100 m und der Sproß von Macrocystis sogar eine Länge von 200 m. In den unteren Teilen ist der Stamm, der mit Krallen am Gesteine festsitzt, kahl, dick, in den oberen hingegen tauartig und beblättert. Wie später noch ausgeführt werden soll, werden die größten Bäume 140 bis 150 m hoch, diese erstaunliche Länge wird aber von Macrocystis pyrifera noch bedeutend übertroffen, obwohl diese Pflanze auf ganz niederer Stufe der Organisation steht und zu den Algen gehört. In Anbetracht dieser für ein Lebewesen geradezu kolossalen Dimensionen darf man schon von vornherein vermuten, daß eine solche Pflanze ihren Entwicklungsgang wohl nicht innerhalb eines Jahres vollendet, sondern viele Jahre dazu benötigt. Angaben über das Alter solcher Algen habe ich in der Literatur nicht vorgefunden und Oltmanns bemerkt, daß wir auch über das Alter der mächtigen Laminarien im unklaren sind: „die einzige Angabe, welche ich finde, ist eine Notiz bei Foslie[1]), wonach 4—5 Jahre vergehen, ehe eine von Laminarien entblößte Stelle wieder mit Exemplaren von etwa 1 m Höhe besiedelt sind“[2]).

Unter der Voraussetzung, daß der Längenzuwachs auf lange Zeit hinaus ungefähr gleichbleibt, und daß dieser alle 4 Jahre 1 m beträgt, würde ein Stock von Macrocystis pyrifera, der 100—200 m lang ist, etwa 100 bis 200 Jahre alt sein. Mag diese Schätzung des Alters nur eine ganz beiläufige sein, so geht doch daraus mit Sicherheit hervor, daß diese Macrocystis ein Alter erreichen kann, wie es meist nur bei Bäumen vorzukommen pflegt.

Es liegt nahe, die bei Laminaria-Stämmen auf dem Querschnitte des Stammes sichtbaren Ringe, von denen sich oft 8—12 und mehr vorfinden, als Jahresringe zu deuten. Allein obwohl ihre Bildung mit den Laubwechsel- oder den Wachstumsperioden zusammenhängen dürfte, so liegen doch bisher leider keine Tatsachen vor, die die Auffassung als Jahresringe mit Sicherheit gestatten würden. Daher kann man sie vorläufig nicht zur Bestimmung des Alters heranziehen.

Abgesehen von den vieljährigen Algen gibt es wohl sicher zahlreiche, deren Lebensdauer sich auf 2 Jahre und endlich eine ungeheure Menge von Arten, deren Leben nur eine Vegetationsperiode währt und die man, wenn auch nicht ganz korrekt, als einjährig bezeichnen kann. Daran reihen sich zahlreiche Arten, die, wie ihr periodisches Auftreten, ihr massenhaftes, plötzliches Erscheinen und ihr ebenso rasches Verschwinden erkennen läßt, sich nur wenige Wochen lebend erhalten und daher als die kurzlebigsten unter den Algen zu gelten haben.

In Form gewisser Dauerzustände können viele Algen ungünstige Zeiten, die einen den Sommer, die anderen den Winter überstehen. So wie bei höheren Pflanzen Samen, Knollen, Brutknospen dazu dienen, so übernehmen bei den Algen Zygoten, Oosporen und andere Dauerzellen diese Rolle.

---

1) Foslie, M., Laminarien Norwegens. Forhandl. i. Vidensk. Selsk. i. Christiania 1884.

2) Oltmanns, F., l. c. p. 428.

b) Pilze.

Bedeckt man frischen feuchten Pferdemist mit einer Glasglocke, so tritt schon nach wenigen Tagen ein Wald vom Schimmelpilz Mucor mucedo auf. Nach der Ausbildung der Sporangien fällt der Pilz zusammen und an seine Stelle tritt der zierliche Pilobolus crystallinus, der seine Sporangien gegen die Glaswand, der Lichtquelle zu, abschleudert und schon nach wenigen Tagen verschwindet. Ihm folgt dann ein kleiner Hutpilz, ein Coprinus, dessen Vegetation nur wenige Wochen währt. Schließ lich bemerkt man von makroskopischen Pilzen kleine, oft nur stecknadelkopfgroße Schüsselchen, dem Schlauchpilz Ascobolus angehörend. Diese rasche Aufeinanderfolge der genannten Pilzgattungen, ihr rasches Kommen und Gehen lassen erkennen, daß es sich hier um sehr kurzlebige Pilze handelt, deren Leben nur wenige Tage oder Wochen andauert. Und sehen wir im Walde nicht Ähnliches? Wie mit einem Zauberschlage erscheint nach ausgiebigem Regen und bei warmem Wetter auf dem Waldboden ein Heer der verschiedensten Hutpilze (Agaricaceen, Hydnaceen, Clavariaceen), die aber ebenso schnell, wie sie gekommen, wieder verschwinden. Ihr Leben dauert nur wenige Tage bis Wochen, wobei allerdings fraglich bleibt, wie lange das Myzelium im Boden schon existierte und die nötigen Stoffe für die Bildung des Fruchtkörpers vorbereitete.

Tausende von mikroskopischen, mehrzelligen Pilzen, die saprophytisch oder parasitisch die verschiedensten Orte bewohnten, werden wohl in den seltensten Fällen eine Lebensdauer von ½—2 Jahre überschreiten.

Viele Myxomyceten, Phycomyceten, Chytridiaceen, Saprolegniaceen und Mucorineen sind kurzlebig, denn ihr Leben dauert, abgesehen von ihren Sporen, gewöhnlich nur wenige Wochen. Ihnen reihen sich die parasitisch lebenden Synchytriaceen, Cladochytriaceen, Peronosporaceen, Ustilagineen und Uredineen an, von denen namentlich die Peronosporeen, die Rost- und Brandpilze sich wohl monatelang mit ihrem Myzelium auf der Wirtspflanze lebend erhalten.

Bemerkenswerte Versuche über die Lebensdauer von Plasmodien verdanken wir Jahn[1]). Seine Erfahrungen beziehen sich sämtlich auf das Plasmodium des Schleimpilzes Badhamia utricularis Berk. Dieser wächst sehr energisch, läßt sich sehr leicht mit Pilzen, die ihm im Freien zur Nahrung dienen, ernähren, bildet in trockener Zimmerluft sehr schnell Sklerotien und geht im Hungerzustand alsbald zur Sporenbildung über. Die Lebensdauer des ersten gezüchteten Plasmodiums betrug 77 Tage. Die Lebensdauer dreier Teilzuchtproben desselben Stammes währte 77, 71 und 76 Tage. Das war eine individuelle Eigenschaft dieser Proben. Individuen von anderen Standorten lebten, weitergezogen, 115, 145 und 150 Tage. Als Maximum der Lebensdauer konnte Jahn bei einem Plasmodium 2 Jahre und 1 Monat beobachten.

Das Wachstum war anfangs im allgemeinen kräftig, dann tritt ein allmählicher Abfall bis auf Null ein. Aber diese Abnahme des Wachstums war nicht die einzige Alterserscheinung. Jahn konnte, als er Proben von verschieden alten Plasmodien entnahm, sie eintrocknen ließ und sie

1) Jahn, E., Lebensdauer und Alterserscheinungen eines Plasmodiums. Ber. d. deutschen botan. Gesellsch., Bd. 37, 1919, p. (18)—(33).

nach einiger Zeit wieder feucht legte, die interessante Beobachtung machen, daß die Proben junger Plasmodien leicht, die von alten schwer oder gar nicht mehr erweckbar waren.

„Die wahre Kurve für die Dauer des latenten Lebens wird wahrscheinlich so verlaufen, daß sie erst mächtig ansteigt, dann erst langsam, plötzlich schnell sinkt und nach einiger Zeit von einer mittleren Höhe an geradlinig absteigt“ (p. 27).

Jahn konnte aus seinen Beobachtungen den Schluß ziehen, daß das Plasmodium sowohl im ausgetrockneten als auch im aktiven Zustand des Plasmas seine Lebenskraft in derselben Zeit einbüßt.

Wie aus den Studien des genannten Forschers hervorgeht, läßt sich auch bereits bei einem so einfachen Organismus, wie ihn ein Schleimpilz darstellt, Jugend, mittleres Lebensalter und Greisenalter beobachten.

Bei einem langlebigen Plasmodium von fast 3½ Jahren währte die Jugend, also die Zeit der Kraft und des Wachstums, etwa ½ Jahr, worauf eine kritische Zeit der Schwäche und erhöhter Sterblichkeit folgt. So verhält sich das Plasma in der Kultur. In der Natur dauert der vegetative Zustand während des feuchten Herbstes wohl nur höchstens 4—6 Wochen, es kommt also nur die Jugend zur Geltung.

Unter den Ascomyceten finden sich kurz- und langlebige Ascobolus-, Morchella- und Peziza-Arten, verschwinden als Fruchtkörper rasch, manche Ascomyceten hingegen, wie der auf Ahornblättern die bekannten schwarzen Flecke erzeugende Pilz Rhytisma acerina, überdauern den Winter. Im Sommer und Herbst entsteht das Konidienlager, dieses überwintert und erst im Frühjahr kommen dann bei den am Boden liegenden verwesenden Blättern die Schlauchfrüchte zur endgültigen Entwicklung.

Die längste Lebensdauer unter den Pilzen dürfte wohl den holzigen und korkartigen Polyporeen zukommen, die auf Bäumen mächtige, konsolenartige Fruchtkörper bilden und die zu ihrer Ausbildung oft viele Jahre benötigen.

Wie aus dem vorstehenden Bericht hervorgeht, sind unsere Kenntnisse über die Lebensdauer der Pilze so lückenhaft, daß es vorläufig unmöglich erscheint, genauere Daten zu bringen. Ich habe nirgends in der mykologischen Literatur, auch nicht in de Barys[1]) bekanntem Werke über vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze usw., speziell auf die Lebensdauer gerichtete Angaben gefunden und dasselbe gilt auch von den Flechten.

Wenn später derartige Untersuchungen durchgeführt werden sollten, so wird dabei auch auf die verschiedenen Teile des Pilzes zu achten sein, denn wenn der Hut des Champignons, des Herrenpilzes oder des Reizkers nur wenige Wochen sich lebend erhält, so kann sich das im Substrat verbleibende Myzel ganz anders verhalten. Dieses kann sich fort und fort verjüngen und in seinen älteren Teilen absterben. Man wird also prüfen müssen, wie lange die einzelnen Zellen des Myzels lebendig bleiben und da wird sich wahrscheinlich zeigen, daß die Myzelzellen im allgemeinen ein höheres Alter erreichen können als die Zellen des Fruchtkörpers, natürlich abgesehen von den Sporen.

Von den durch ihre Lichtentwicklung ausgezeichneten Fäden des Myzeliums x weis ich aus 25jähriger Erfahrung, daß dieses im lufttrockenen

1) de Bary, Vgl. Morphologie u. Biologie der Pilze usw. Leipzig 1884.

Zustande seine Lebensfähigkeit innerhalb eines Jahres einbüßt und dasselbe gilt von Xylaria hypoxylon.

Durch Dauermyzelien und Sklerotien können sich zahlreiche Pilze über eine längere Ruheperiode hinweghelfen, deren Dauer, ähnlich wie bei Samen, Knollen oder Wurzelstöcken je nach Umständen individuell und spezifisch verschieden ist.

c) Moose.

In der gesamten bryologischen Literatur, soweit sie mir zugänglich ist, habe ich nur in einer Abhandlung von Reichhardt[1]) Angaben über das Alter der Laubmoose gefunden.

Bei Sträuchern und Bäumen kann unter anderem das Alter des Stammes auf anatomischem Wege aus der Zahl der Jahresringe und bei gewissen krautartigen Pflanzen, z. B. Convallaria Polygonatum, kann das Alter des Rhizoms aus der Narbenzahl der oberirdischen Sprosse auf morphologischem Wege bestimmt werden.

Bei den Laubmoosen aber finden sich im Stämmchen keinerlei anatomische Anhaltspunkte für die Altersbestimmung, deshalb hat Reichhardt den Versuch gemacht, das Alter des Moosstammes auf morphologischem Wege durch Betrachtung der Vegetationsverhältnisse und durch Heranziehung der regelmäßigen Aufeinanderfolge der Achsen festzustellen. Er gelangt dabei zu dem Ergebnisse: „daß man in allen jenen Fällen das Alter eines Moosstammes zu eruieren vermag, wo bei dem Moose eine regelmäßige Aufeinanderfolge von Achsen verschiedener Ordnung sich findet, deren jede ein begrenztes, ein Jahr dauerndes Wachstum zeigt. Wenn dies nicht der Fall ist, so kann man auch das Alter eines vorliegenden Moosstammes nicht bestimmen“ (p. 590).

Seit Bridel unterscheidet man zwei große Reihen von Moosen, die akrokarpischen und die pleurokarpischen.

Die akrokarpischen heißen so, weil ihre Hauptachse mit einer Frucht abschließt. Sie haben also ein beschränktes Wachstum, und wenn sie Seitentriebe bilden, so tragen auch diese an ihrer Spitze Früchte und haben gleichfalls begrenztes Wachstum. Das Fruchten erfolgt nur einmal im Jahre und so kann, da das Wachstum der einzelnen Achsen sich nur auf ein Jahr erstreckt, aus der Art der Verjüngung durch jährlich erscheinende Sprosse, das Alter des Stammes bestimmt werden.

Die Achse der pleurokarpischen Moose hat dagegen ein unbegrenztes Wachstum, ihre Früchte entstehen nicht am Ende der Achse, sondern seitlich und deshalb läßt sich das Alter eines solchen Mooses gewöhnlich nicht mit Sicherheit feststellen.

Indem ich bezüglich der näheren Umstände, wie bei verschiedenen Laubmoosen im einzelnen das Alter erschlossen wird, auf Reichhardts Abhandlung verweise, will ich nur seine Angaben über die Altersbestimmung der Polytrichen hier wirklich anführen: „Von dem größten Interesse und einzig in ihrer Art dastehend ist die Art und Weise, wie sich bei den Polytrichen das Alter der Pflanzen eruieren läßt. Bei diesen Pflanzen bilden nämlich die männlichen Blüten scheibenförmige Blütenstände an der Spitze des Stammes. Nach dem Blühen beginnt der Stengel regel-

1) Reichhardt, H. W., Über das Alter der Laubmoose. Verhandl. d. zool.-botan. Gesellsch. 1860, p. 589—598.

mäßig durch den Blütenstand hindurch zu sprossen und wächst über demselben weiter. Im nächsten Jahre blüht dieser Stengel wieder, sproßt wieder fort und so findet man an einer männlichen Pflanze von Polytrichum oft mehrere solche scheibenförmige Blütenstände übereinander. Diese geben, da jährlich nur eine Blütenscheibe erscheint, Anhaltspunkte zur Bestimmung des Alters der vorliegenden Pflanze".

Bei seinen an verschiedenen Moosgattungen in der angeführten Weise durchgeführten Untersuchungen fand Reichhardt, daß in der Mehrzahl der Fälle das Alter zwischen 3—5 Jahren schwankt und nur bei sehr üppig wachsenden Stämmchen die Höhe von 6—10 Jahren erreichen kann.

Wirklich lebend fand ich an Polytrichum-Arten nur die letzten oder die zwei letzten Jahrestriebe. Wenn also Reichhardt von einem Alter von 3—5 oder von 6—10 Jahren spricht, so ist das wohl so zu verstehen, daß er so viele Jahrestriebe noch erhalten, wenn auch nicht mehr lebend, vorgefunden hat.

In der Fig. 2 zeigt ein Polytrichum-Stämmchen fünf durch Blütenscheiben voneinander abgegrenzte Jahrestriebe.

Wenn man ein Laubmoosstämmchen von oben nach unten untersucht, so kann man leicht beobachten, daß die Blätter mit dem Alter an Frische einbüßen, sich bräunen, zersetzt werden und schließlich sogar verschwinden, so daß der Stengel nackt wird. Auch der Stengel fällt, wenn auch langsamer, schließlich der Zersetzung anheim und aus dieser Vermoderung von Blatt und Stamm von unten her resultiert eine ausgezeichnete Humusschicht, die anderen Pflanzen ein gutes Gedeihen ermöglicht. Bei den meisten Moosen läßt sich der Stengel in abgestorbenem Zustande nur auf eine gewisse Strecke verfolgen, allein bei manchen bleibt er auch im toten erhalten. Dies kommt in zwei Fällen vor: 1. bei Torfmoosen, wenn sich aus den unteren Teilen der Rasen Torf bildet und 2. wenn bei bestimmten Moosen die unteren Teile mit kohlensaurem Kalk inkrustiert werden und sich nach und nach daraus ganze, mitunter mehrere Meter hohe Tufflager bilden. Reichhardt hatte Gelegenheit, den letzteren Vorgang in der Nähe des Bades Neuhaus bei Cilli in Steiermark zu beobachten. Der Tuff wird hier durch sukzessive Inkrustation der unteren Teile eines an der Spitze fortwachsenden Moosstammes gebildet. Soweit Reichhardt die Tuffmassen im vertikalen Durchschnitt untersuchen konnte, fand er am Verlauf der Stämmchen keine Unterbrechung. Er

Fig. 2. Polytrichum sp. Stamm mit 5 durch die Antheridienscheiben *a* abgegrenzten Jahrestrieben. Natürl. Größe. Original.

kommt daher zu der Überzeugung, „daß sich die ganzen, mehrere Klafter mächtigen Schichten von Kalktuff durch eine allmähliche fortwährende Inkrustation der unteren Teile eines an seiner Spitze fortwachsenden Rasens bildeten".

Gymnostomum curvirostrum spielt bei dieser Inkrustation und Tuffbildung eine große Rolle und läßt auch die Länge der einzelnen Jahrestriebe leicht erkennen. Sie beträgt im Durchschnitt 3 Linien. Es verlängert sich daher dieses Moos

in	4	Jahren	um	1	Zoll
„	48	„	„	1	Fuß
„	288	„	„	1	Klafter
„	1440	„	„	5	„
„	2800	„	„	10	„

Der genannte Autor schließt aus seinen Beobachtungen, daß dieses und andere Moose ein Alter erreichen können, das mit dem sehr alter Bäume wetteifern kann.

So dankenswert Reichhardts Untersuchungen über das Alter der Laubmoose zweifellos sind, so gestatten sie aber meiner Meinung nach doch nicht den erwähnten Schluß, sondern nur den, daß ein und derselbe Moosstengel sich an der Spitze durch viele Jahrhunderte verjüngen kann. Wenn er aber sagt, daß Moose hunderte oder tausende Jahre alt werden können, so kann dies leicht die Veranlassung zu Mißverständnissen geben; es könnte den Anschein erwecken, als ob die Moose auch so lange leben. Das ist aber sicherlich nicht der Fall, denn lebendig erhalten sich ja nur die obersten jüngsten 1—10 Jahrestriebe, alle tiefer liegenden bilden eine durch Kalkkarbonat konservierte Leiche. Will man also das Alter, das ist die Zeit des Lebendigbleibens eines Mooses, bestimmen, so dürfen nur die noch lebendigen letzten Jahrestriebe in die Berechnung gezogen werden. Nach den bisherigen Erfahrungen dürfte wohl kein Moos selbst unter günstigen Bedingungen ein Alter von 10 Jahren wesentlich überschreiten.

d) Pteridophyten.

Von den zarten, wenige Zentimeter hohen Hymenophyllaceen bis zu den 15—25 m hohen, mächtigen Baumfarnen finden sich alle Übergänge und dieser verschiedenen Größenentwicklung entspricht auch ein sehr verschiedenes Alter. Schon der bloße Anblick der palmenartigen Stämme von Alsophila und Cyathea mit ihren großen schirmartigen Kronen erweckt die Vorstellung, daß es sich hier um verhältnismäßig alte Pflanzen handelt. Ich schließe aus gelegentlichen Beobachtungen über das Wachstum der Baumfarne, die ich in den Tropen gemacht habe, sowie aus den sich bereits durch mehrere Dezennien erstreckenden Kulturen von Alsophila, Cyathea und Marattia im Palmenhause von Schönbrunn (Wien), daß Baumfarne mindestens mehrere Dezennien alt werden können.

Die Farne perennieren entweder mit einem oberirdischen oder einem unterirdischen Stamm. Sie sind also zwei- bis mehr- oder vieljährig. Das höchste Alter findet sich bei den Baumfarnen. Eine genauere Feststellung aber ist selbst bei den letzteren nicht möglich, da es im Stamme keine Jahresringe gibt, der Stamm kein sekundäres Wachstum besitzt und auch sonst weder anatomische noch morphologische Anhaltspunkte für die Altersbestimmung bietet.

Die meisten Farne bringen mehrmals oder sehr oft in ihrem Leben Sporen hervor, und es gibt nur wenige, die nur einmal Sporen bilden und dann absterben. Hierzu gehören Ceratopteris thalictroides, Anogramme-Arten, z. B. A. leptophylla und A. chaerophylla und von Pteridophyten im weiteren Sinne Salvinia natans[1]).

Die Prothallien können sich bei gewissen Farnen über eine Vegetationsperiode am Leben erhalten, zumal wenn aus mehreren Gründen eine Befruchtung unterblieben ist. Es scheint mir sehr wahrscheinlich, daß sich die Lebensdauer der Vorkeime wesentlich verlängern läßt, indem man die Befruchtung, z. B. durch Separation weiblicher und männlicher Prothallien verhindert. Auch wäre es vielleicht möglich, daß sich die Lebensdauer der Sporophyten durch Unterdrückung aller sporentragender Wedel ausdehnen läßt. Versuche darüber wären sehr erwünscht.

Bei Gymnogramme leptophylla vermag das Prothallium auszudauern und Trockenperioden zu überstehen. Es perenniert[2]) durch seine adventiven Sprossungen, während die ungeschlechtliche Generation oder das eigentliche Farnkraut nach der Bildung der Sporen abstirbt.

Lycopodium. Bei genauerer Betrachtung der Sprosse von L. annotinum fand ich, daß sie einen stockwerkartigen Aufbau besitzen, ähnlich wie dies schon früher für Polytrichum beschrieben wurde. Die Blätter jedes Jahrestriebes stehen von der Basis bis nahe zur Spitze horizontal oder sogar schief nach abwärts von der Sproßachse ab. An der Spitze jedes Jahrestriebes aber werden sie kleiner und neigen, nach aufwärts gerichtet, zu einem Knöspchen zusammen. Durch diese Knöspchen wird eine ziemlich deutliche Grenze zwischen den einzelnen jährlichen Zuwächsen des Sprosses kenntlich, so daß man die Zahl der noch mit lebenden Blättern versehenen jährlichen Sproßachsen und somit die Lebensdauer der Blätter und der dazu gehörigen Achsen bestimmen kann.

Eine einschlägige Untersuchung zahlreicher Individuen[3]), ergab, daß die Stengel der genannten Art in günstigen Fällen ein Alter von 5 bis 7 Jahre erreichen können.

2.

Phanerogamen.

Bei den Blütenpflanzen gibt uns, abgesehen von den Monokotylen, der Jahresring, der den jährlichen Holzzuwachs darstellt, ein im allgemeinen verläßliches Hilfsmittel an die Hand, um das Alter genau zu bestimmen. Besonders wenn die Jahresringgrenze scharf ausgeprägt ist, wie dies bei gewissen Bäumen des heimischen Klimas zu beobachten ist, z. B. bei der Fichte, Tanne, Föhre, Lärche, Eiche, Ulme, der falschen Akazie u. a. Ist der Jahresring sehr schmal, besteht er oft nur aus wenigen Zellagen und beträgt seine Dicke nur Bruchteile eines Millimeters wie bei vielen Bäumen des hohen Nordens, dann macht die Zählung auch

1) Goebel, K., l. c. II. Teil, Spezielle Organographie, 2. Heft, p. 1003.

2) Goebel, K., Entwicklungsgeschichte des Prothalliums von Gymnogramme leptophylla Desv. Botan. Ztg. 1877, p. 702.
Ders., Organographie der Pflanzen. I. Teil, 1898, p. 426.

3) Für die Beschaffung von reichlichem Materiale aus der Gegend von Lunz bin ich meinem lieben Freunde, Herrn Prof. Dr. Franz Ruttner, zu großem Danke verpflichtet.

schon mit der Lupe Schwierigkeiten, ja sie kann dann in einzelnen Fällen selbst mit dem Mikroskop nicht mehr exakt durchgeführt werden.

Dazu kommt, daß viele tropische Bäume der Äquatorzone, die das ganze Jahr hindurch unter ziemlich gleichen meteorologischen Verhältnissen leben, keine oder nur ganz undeutliche Jahresringgrenzen aufweisen und daher die Zählung unmöglich machen oder erschweren.

Diese Umstände haben nicht wenig dazu beigetragen, daß wir über das Alter vieler Bäume und Sträucher genaue, verläßliche Angaben nicht besitzen. Viele Altersangaben beruhen daher nur auf Schätzung und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß dabei grobe Fehler unterlaufen können. Trotzdem scheint es mir wertvoll, die Angaben über das Alter phanerogamer Gewächse, soweit ich sie in der sehr zerstreuten Literatur auffinden konnte, zusammenzustellen, weil eine solche Übersicht, auch wenn sie im einzelnen nicht ganz korrekte Angaben enthalten sollte, für allgemeine Fragen über die Lebensdauer von Wichtigkeit ist.

Gymnospermae.

a) Coniferae.

Sequoia. Zu den langlebigsten Bäumen gehören die durch ihre ungeheure Größe ausgezeichneten, zu den Nadelhölzern gehörenden Mammutbäume oder Sequoien. Sie wurden erst im Jahre 1850 auf der Serra Nevada in Kalifornien bei einer Seehöhe von etwa 1500 m durch den englischen Reisenden Lobb[1]) entdeckt. Es gibt zwei Arten Sequoia (Wellingtonia oder Washingtonia), S. gigantea und S. sempervirens, beide in Kalifornien. Hier bilden sie ganze Haine und die größten von ihnen werden von den Ansässigen mit besonderen Namen, wie „Vater und Mutter des Waldes", „die Kinder", „die 3 Schwestern", „General Fermont" und „der Riese des Waldes" belegt.

Die Bäume liefern das von den Amerikanern sehr geschätzte red wood (rotes Holz) und wurden deshalb so schonungslos gefällt, daß die amerikanische Regierung sich entschloß, sie, um sie vor Vernichtung zu schützen, als Nationaleigentum zu erklären.

In feuchten und nicht allzu kalten Teilen Europas, z. B. in den fruchtbaren Tälern der Schweiz und in der Nähe des Genfer Sees, werden die Sequoien als Schmuckbäume mit Erfolg gepflanzt, ja man kann sogar in nördlicheren Gegenden einzelne, schon ziemlich mächtige Bäume an windgeschützten feuchten Orten finden. So fand ich in der nächsten Nähe von Wien in Neuwaldegg (Rohrerhütte) ein herrliches, einen Stock hohes Exemplar der Sequoia, dessen Stammdurchmesser an der Basis bereits etwa $^2/_3$ m beträgt. Als ich 1898 in Kalifornien weilte, versäumte ich nicht, dieses biologische, gigantische Wunder in der Nähe von Santa Cruz zu besichtigen. Da es sich um eine Sehenswürdigkeit ersten Ranges handelt, veranstaltet man in Amerika Ausflüge dahin. Man erreicht von San Francisco aus in $3^1/_2$ Eisenbahnstunden die Station „Big trees" (Riesenbäume) und betritt nach Zahlung eines kleinen Eintrittsgeldes einen Wald von Sequoia sempervirens. Ich werde, obwohl ich mich vorher in Indien und auf Java an die Baumriesen tropischer Urwälder bereits vorher ge-

1) Vgl. darüber auch Baumgarten, F., Die Riesenbäume Kaliforniens. Über Land und Meer 1906, p. 1233.

wöhnt hatte, niemals den erhabenen Eindruck vergessen, den der Anblick dieser Baumgiganten auf mich ausübte. Man gerät in ein andächtiges Staunen und glaubt einen Blick in vorsintflutliche Zeiten zu machen. Die beiden Figuren 3 und 4 geben eine beiläufige Vorstellung von den gewaltigen Dimensionen dieser großartigen Bäume. Einer von diesen, „General Fermont“ genannt, erhebt sich kerzengerade etwa 100 m; der unterste Teil des Stammes ist hohl, so daß zehn Personen bequem in der Stammhöhle Platz finden. Gleich daneben steht noch ein größeres Individuum, noch höher und breiter, sein Umfang mißt 20 m. Durch einzelne solcher hohler Bäume können mit Pferden bespannte Wagen bequem durchfahren. Das sind aber keineswegs die größten unter diesen Riesengestalten, denn es gibt solche, die bis 142 m hoch werden und ein Alter von mehreren tausend Jahren erreicht haben.

Fig. 3. Sequoia sempervirens. Mammutbaum, etwa 9 m im Durchmesser und 90 m hoch. Der Stamm ist unten hohl und gestattet einem Wagen die Durchfahrt.

Sequoia gigantea entwickelt Stämme von durchschnittlich 83—110 m Höhe und 3—10 m Durchmesser. Einer, der „Vater des Waldes“, war 142 m hoch und hatte am Grunde 36 m Umfang. In seinem gestürzten Stamme konnte man 60 m hineinreiten und durch ein Astloch wieder hervorsteigen.

Das Britische Museum in London besitzt eine Stammscheibe mit 1335 Jahresringen und das Museum of Natural History in New York eine Scheibe von einem Baume, der im Jahre 550 n. Chr. keimte.

In der Ausstellung zu Chicago im Jahre 1893 befand sich als Schaustück ein Stammquerschnitt eines Mammutbaumes, der in Sektoren zerlegt und dann an botanische Sammlungen verteilt wurde. Einen davon besitzt

das Berliner botanische Museum; er mißt 2,35 m im Radius. Die sorgfältig ausgeführte Zählung ergab 1316 Jahresringe. Der Umfang dieses Stammes war auf 28 m an seiner Basis bestimmt worden und seine Höhe soll 112 m gewesen sein[1]).

Mayr[2]) hatte Gelegenheit, auf seiner Reise durch Nordamerika auch die Mammutbäume zu beobachten und an Ort und Stelle verschiedene wertvolle Einzelheiten festzustellen, von denen einige hier wiedergegeben werden sollen.

Das höchste Exemplar, das er in Fresco Cy gemessen hatte, ohne aber den größten Riesen gesucht zu haben, maß 102 m, die grünen Äste

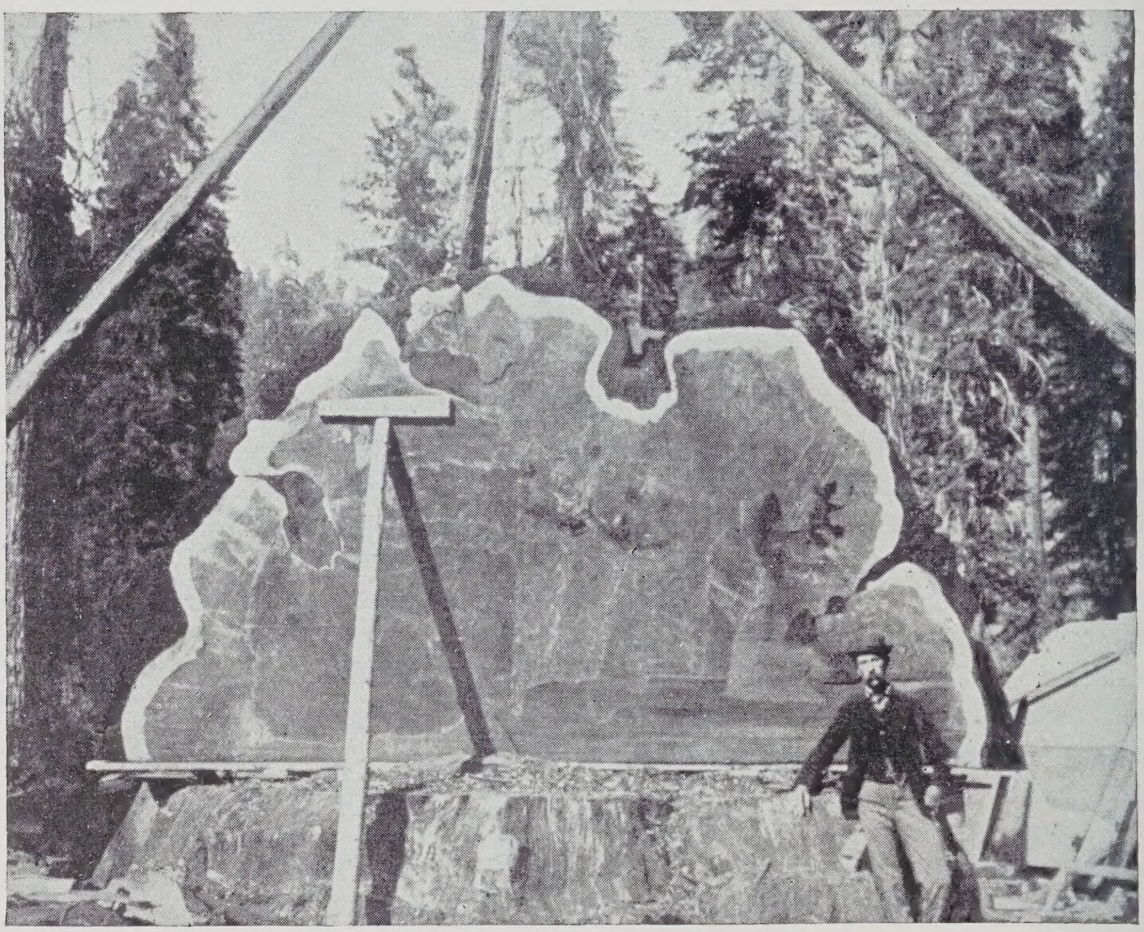

Fig. 4. Sequoia sempervirens. Mammutbaum-Querscheibe, etwa 7 m im Durchmesser.

begannen bei 60 m und der Durchmesser 2 m über dem Boden war 7 m. Stämme von 120 m Höhe erscheinen Mayr nicht im geringsten zweifelhaft. „Aus einem Dutzend Messungen der Jahresringe aus den unteren Schaftteilen mehrerer Bäume ergab sich eine mittlere Jahresringbreite von 1,2 mm pro Jahr. Mit dieser Zahl in den Radien der erwähnten obigen Stämme dividiert, ergibt ein Alter von mehreren tausend Jahren. Im Forstlichen Museum zu Brüssel ist ein Sektor aufbewahrt, der vom Marke bis zur Rinde 1,8 m mißt, somit aus einem Baume von nur 3,6 m Durchmesser ohne Rinde entnommen wurde; während der ersten Jahrzehnte

1) Strasburger, E., Die Dauer des Lebens. Deutsche Rundschau, Berlin, 97. Bd., 1898, p. 408.

2) Mayr, H., Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin 1906, p. 413ff.

wuchs der Baum mit 8 mm breiten Jahresringen in die Dicke; vom 100. Jahre an betrug die Dicke der Jahresringe 5 mm, vom 500. Jahre an 2,5 mm, vom 1000. Jahre an 1 mm; bei 1300 Jahren blieb die Breite noch auf 1 mm; das Gesamtalter des Stückes ist gezählt, nicht geschätzt, auf 1350 Jahre. Dieser Wachstumsgang, der wohl typisch für alle unter gleichen Bedingungen aufgewachsenen Sequoien ist, vorausgesetzt, würde das Alter des stärksten, von mir vermessenen Baumes auf 4250 Jahre berechnen, eine Zahl, die ich für wahrscheinlich halte" (p. 414).

In Übereinstimmung damit stehen die Angaben amerikanischer Forscher, besonders die von Muir[1]), der an einem 10 m dicken Stamm etwa 4000 Jahresringe zählte und der das Alter anderer Sequoia-Stämme auf 5000 Jahre einschätzte.

Ob die Angaben anderer Autoren, welche die maximale Höhe der Mammutbäume auf etwa 140 m und ihr Alter sogar auf 6000 Jahre einschätzen, berechtigt erscheinen, entzieht sich, da genaue Messungen darüber nicht vorliegen, meiner Beurteilung. Wie dem auch sei, jedenfalls geht aus verläßlichen Beobachtungen zweifellos hervor, daß man es in den Mammutbäumen mit Gewächsen zu tun hat, die ein Alter von ca. 4000 Jahren erreichen können, somit zu den langlebigsten Organismen gehören, die es derzeit auf unserem Planeten gibt.

Taxodium mexicanum. Unter den Taxodien erreicht die mexikanische Sumpfzypresse das höchste Alter und hat daher durch ihre Langlebigkeit schon lange die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt. In dem kleinen Orte Tule in Mexiko steht heute noch ein Baum, der schon von Ferdinand Cortez als eines der größten Wunder Amerikas gepriesen worden sein soll. Der Stamm, der 1½ m über dem Boden mehr als 31 m im Umfang mißt, trägt eine 35 m hoch emporragende und so mächtig ausladende Krone, daß sie fast 160 m umspannt. P. de Candolle schrieb diesem Baum ein Alter von 6000 und A. v. Humboldt eines von 4000 Jahren zu. Dagegen ergaben vergleichende Messungen, daß diese Sumpfzypresse kaum über 2000 Jahre alt sein dürfte[2]), ein neuer Beweis, daß bloße Schätzungen leicht zu Ungenauigkeiten und Übertreibungen führen.

Taxus baccata L. Dieser im Altertum sehr häufige, gegenwärtig immer seltener werdende, ja vielleicht bald im Aussterben begriffene Baum kann ein hohes Alter erreichen. Mielck[3]) führt eine Reihe sehr mächtiger und alter Eiben an. Er weist auf Exemplare hin, die 900, 1225, 2096, 2600, ja sogar 3000 Jahre alt geworden sind. Nach dem älteren Decandolle sollen in England Taxusbäume vorkommen, die schon zur Zeit der Einführung des Christentums vorhanden waren.

In dem bekannten Werke von Hempel und Wilhelm[4]) ist eine in Wien stehende „tausendjährige Eibe" abgebildet, deren Stammumfang in Brusthöhe 3,07 m und deren Scheitelhöhe gegen 7 m beträgt.

Ein altehrwürdiger Baumveteran ist die Eibe zur Fortingall in Schottland, deren Umfang auf 52—56 Fuß angegeben wird. Schon im Jahre 1769 wurde dieser Baum als zerklüftet und hohl beschrieben. Er besteht jetzt nur noch aus zwei getrennten Partien, die auf einem Halb-

1) Muir, The Mountains of Californica, p. 179.
2) Sargent, The silva of North America, Bd. X, p. 150, 1896.
3) Mielck, E., Die Riesen der Pflanzenwelt. Leipzig u. Heidelberg 1863, p. 106.
4) Hempel, G. und Wilhelm, K., Die Bäume und Sträucher des Waldes usw. I. Abt., p. 199.

kreis angeordnet stehen, während der übrige Teil verschwunden ist. Die Jahresringe des erhaltenen Holzmantels sind sehr dünn, es gehen 35 auf 2½ cm. Das Alter dieses Baumes wird auf 3000 Jahre geschätzt[1]). Zu Crowhurst in der Grafschaft Surrey stehen auf dem Friedhof Eiben, deren Alter auf 1500 Jahre geschätzt wird, und wie Evelyn[2]) berichtet, konnte er im Jahre 1660 auf dem Friedhofe von Braburn in Kant einen Eichenbaum von fast 18 m Umfang messen, der nach A. P. de Candolles Berechnung 2880 Jahre alt gewesen sein soll.

Eine Zusammenstellung der Baumriesen und alter europäischer Bäume gab Faber[3]). Unter den Laubhölzern werden sehr alt die wilde Kastanie, dann folgen Linde, Ulme, Buche, Pappel und Walnuß. Unter den Nadelhölzern werden sehr mächtig und alt die Eibe, Tanne, Fichte und Lärche.

Die extrem hohen Altersangaben müssen aber, weil sie zumeist auf beiläufigen Schätzungen und nicht auf der Zählung von Jahresringen beruhen, mit Vorsicht aufgenommen werden, unter anderem auch aus folgendem Grunde. Bekanntlich ist die Ausschlagfähigkeit der Eibe eine außerordentliche, immer erscheint dieser Baum geneigt, aus schlafenden Augen und bei Verstümmelungen auch aus Sekundärknospen Wasserreiser zu bilden. Damit hängt seine große vegetative Vermehrungsfähigkeit zusammen. Bei der Beurteilung des Alters der Eibe muß, wie Lowe[4]) gezeigt hat, darauf und ebenso auf die eigenartige Stammbildung geachtet werden. Alle Eiben bilden nämlich häufig einen aus mehreren Stämmen verwachsenen Scheinstamm, dieser wird irrtümlich als einfacher angesehen und mithin in seinem Alter weit überschätzt. Die Eibe hat nach Lowe höchstens bis zu 200—250 Jahren einen einfachen Stamm, ältere aber haben schon Scheinstämme. Wenn der intakte Stamm der Eibe zerstört oder beschädigt wird, was in 100 Jahren mindestens einmal zutrifft, dann entstehen rings um den Hauptstamm dicht an dessen Basis zahlreiche Wurzelsprosse oder frische Triebe aus Adventivknospen. Am Wege nach der Wyndcliff fand der genannte Autor eine Eibe, die das Gesagte, wie auch aus der Fig. 5 deutlich ersichtlich ist, klar veranschaulicht: „der 30 cm Durchmesser haltende, etwa 60—70 Jahre zählende Stamm ist seit etwa 15—20 Jahren tot, aber von zwei Kreisen junger

Fig. 5. Schematischer Schnitt durch eine alte Eibe bei Tintern, England (frei nach Lowe). Um den abgestorbenen Hauptstamm bildeten sich zwei Kreise von Tochterstämmen, die voraussichtlich zusammenwachsen werden.

1) Kanngiesser, F., Zur Lebensdauer der Holzpflanzen. Flora, 99. Bd., 1909, p. 416.

2) Evelyn, J., Silva, Edit. II, Vol. 2, p. 195.

3) Faber, E., Unsere Baumriesen. (Recueil des mémoires et des travaux publiés par la société de botanique de Luxembourg. Tome XIII. 1890—1896; 1897, p. 51—90.) Ein Referat im Bot. Zentralbl., Beihefte, Jahrg. VIII, 1898/99, p. 158.

4) Lowe, J., The Yew-trees of Great Britain and Ireland. London 1897.

Bäume von 6—10 cm Durchmesser umgeben, deren innerer — acht Stämmchen — sich unmittelbar an den toten Stamm anlehnt, während der äußere Kreis von 11 Stämmchen den inneren etwas weniger dicht umgibt. Die Bäumchen stehen aber doch einander so nahe, daß sie im Laufe von 50—60 Jahren zu einem einzigen Stamm verwachsen sein werden, dessen Durchmesser dann nach gewöhnlicher Rechnung auf etwa 400 Jahre und darüber deuten würde, während er in Wirklichkeit nur 150 Jahre alt ist. Der Gesamtdurchmesser beträgt jetzt 1,45 m[1]). —

Cupressus sempervirens L. Dieser auffallende und für die italienische Landschaft so charakteristische Baum hat seine ursprüngliche Heimat in Nordpersien und dem östlichen Mittelmeergebiet und hat sich immer mehr und mehr nach Osten ausgebreitet.

Die Zypresse wächst sehr langsam, erreicht bedeutende Dimensionen und ein Alter von 2000—3000 Jahren[2]). Alte Bäume werden über 50 m hoch und ihr Stammdurchmesser ist bis 3 m lang. „Berühmt sind die alten Stämme in Giardino Gusti zu Verona, etwa 200 Stück, von denen viele ein Alter von 400—500 Jahren und einige an 40 m Höhe aufweisen, ferner die Riesenzypressen in der Villa d'Este zu Tivoli bei Rom, auf der Alhambra in Spanien, auf den Begräbnisstätten Konstantinopels. Springer gibt an, daß am Lago maggiore mehrere Zypressen von 620 Jahren Alter und 10 m Umfang am unteren Teile des Stammes stehen und daß ein riesiges Exemplar im Orte Somma am Vesuv bereits zu Cäsars Zeit ein stattlicher Baum gewesen sein soll. Christ[3]) erwähnt einen Baum mit 3,80 m Umfang bei Lugano und Griesebach[4]) zwei über 1000 Jahre alte Zypressen beim Kloster Lavra am Athos“[5]).

Juniperus communis L. Über den stärksten Wacholder im Kirchspiel Ermas in Livland gibt L. Freymann an: der Baum stand bei einer alten Opferstätte auf freiem Felde. Er hatte einen Umfang von 2¾ m und wurde auf 2000 Jahre geschätzt. Der Baum wurde, nachdem er bereits einzutrocknen begann, vor etwa 30 Jahren vom Sturm gebrochen[6]).

300jährige Wacholderbäume sind öfter beobachtet worden.

Ein Wacholderbusch von 48 mm Stammdurchmesser aus den Waldungen des nördlichen Taunus zeigte 108 Jahresringe. Ein norwegisches Exemplar von 33 mm Durchmesser war 297 und eines von 8,3 cm Basisdurchmesser von der Halbinsel Kola war 544 Jahre alt geworden[7]).

Juniperus nana Willd. Ein altes, aus 2600 m Alpenhöhe erwachsenes Stämmchen war 103 Jahre alt[8]).

Abies alba Mill. Wie uns Nöggerath in seinem 1847 erschienenen Werke über die Entstehung und Ausbildung der Erde berichtet, wurde in der Braunkohlenlage von Friesdorf bei Bonn ein fossiler Koniferenstamm (ob Tanne?) von 11 Fuß Durchmesser gefunden, an dem 792 Jahresringe gezählt wurden.

---

1) Kirchner, O., Loew, E. und Schröter, C., Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Bd. I, Abt. 1, 1906, p. 65—66.

2) Seehaus, P., in Mitt. d. deutsch. dendrolog. Ges. 1896, p. 88.

3) Christ, H., Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1879, p. 67.

4) Griesebach, A., Die Vegetation der Erde. I. Leipzig 1872, p. 318.

5) Karsten, G. und Schenk, H., Vegetationsbilder, 3. Reihe, Heft 4, Tafel 23 und 24. Vgl. auch Mielck, E., l. c. p. 109.

6) Kanngiesser, F., l. c. p. 415.

7) Kanngiesser, F., Über Lebensdauer der Sträucher. Flora, 97. Bd., 1907, p. 401.

8) Ebenda, p. 402.

Mielck[1]) beschreibt Tannen von 300, 400 und 500 Jahren. Nach Wilhelm[2]) können Tannen 1,5 m dick und 200—400 Jahre alt werden. Nach anderen Angaben sogar 800 Jahre[3]). Schacht zählte an Tannen 350—700 Jahresringe[4]).

Picea excelsa Lk. Das maximale Alter der Fichte wird mit 200, 300, 400, ja sogar mit 1200[5]) Jahren angegeben.

Die sogenannte Affenthalfichte bei Eichstätt in Bayern hat am Stock einen Umfang von 6,30 m, in Brusthöhe von 5,30 m, eine Höhe von 38 m und nach Jahresringschätzungen ein Alter von etwa 350 bis 400 Jahren.

Die Fichte von Stiegelschwand im Kanton Bern wird auf 300 bis 400 Jahre geschätzt[6]).

Larix decidua Mill. Stämme von 35 m und mehr Höhe und von ¾ m Stärke kommen vor und können ein Alter von mehr als ein halbes Jahrtausend erreichen[7]).

In Wallis, besonders reichlich im Saas-Fee finden sich die langsam heranwachsenden Lärchen des eigentlichen Hochgebirges, „Stein"- oder „Jochlärchen" genannt, kerngesunde Bäume, die bei einem Durchmesser von 1—1,50 m 600—700 Jahre alt sind.

Klein[5]) hatte Gelegenheit, im sogenannten Park Sans-Fee die Jahresringe solcher Bäume zu zählen und das Alter zu ermitteln. Bäume von ähnlicher Stärke kommen, wenn auch nur vereinzelt, in der Umgebung der Riffelalp vor, „wo ein abgesägter Lärchenstumpf am Findelengletscher bei einem Holzdurchmesser von 85 cm in Brusthöhe zu innerst 20 sehr enge, dann etwa 100 weite und hierauf wieder enge Jahresringe, im ganzen 417, erkennen ließ".

Die Maximalhöhe des Lärchenbaumes wird mit 53,7 m, der größte Stammdurchmesser mit 1,6 m und das höchste Lebensalter mit 600 Jahren angegeben[8]). —

Pinus silvestris L. Böhmerle führt 584 Jahre als die höchste bekannte Altersgrenze an[9]). Von verschiedenen Föhren wird ein Alter von 150, 250 und 300, 463 und 500 Jahren angegeben.

Pinus nigra Arnold var. austriaca Höss. wird 500—600 Jahre alt[10]).

Pinus canariensis erreichen nach Schacht auf Teneriffa ein Alter von 440 Jahren[11]).

Pinus Cembra L. Das maximale Alter der Arve wird nach der Ansicht von L. Klein[12]) gewöhnlich zu niedrig angegeben. Es beträgt nach v. Kerner und Willkomm 700 Jahre. Woditschka schätzt das Alter

---

1) Mielck, E., l. c. p. 90.
2) Hempel, G. und Wilhelm, K., l. c. p. 96.
3) Kirchner, O., Loew, E., Schröter, C., l. c. p. 95.
4) Mielck, F., l. c. p. 90.
5) Karsten, G. und Schenk, L., Vegetationsbilder, 2. Reihe, Heft 5—7, Tafel 25.
6) Kanngiesser, F., l. c. p. 415.
7) Hempel, G. und Wilhelm, K., l. c. I. Abt., p. 115.
8) Kerner, A. v., Pflanzenleben. I. Bd. (1887), p. 681.
9) Böhmerle, K., Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen, Bd. 12, 1886, p. 77.
10) Kanngiesser, F., l. c. p. 416.
Mielck, E., l. c. p. 98.
Vgl. auch Schacht, H., Der Baum, Berlin 1853, p. 307.
11) Mielck, E., l. c. p. 98.
12) Karsten, G. und Schenk, L., Vegetationsbilder, l. c. 2. Reihe, Heft 5—7, Tafel 36.

auf 500—600, in einzelnen Fällen auf 1000 Jahre. L. Klein war in der glücklichen Lage, hierüber ganz bestimmte Angaben machen zu können, als er auf einer Geröllhalde beim Findelengletscher in der Nähe der Riffelalp eine wahre Musterkarte von wunderlich gestalteten, uralten Arvenruinen

Fig. 6. Sehr stark reduzierte, 1000—1100jährige Arve (Pinus Cembra, Zirbelkiefer) von 7,67 m! Stammumfang, beim Findelengletscher (Riffelalp) (ca. 2280 m). Älteste Arve der Schweiz. 6. September 1899. Nach L. Klein.

entdeckte, darunter auch ein Exemplar, dessen Stammumfang den ganz ungewöhnlichen Wert von 7,65 m erreichte. „Die Altersbestimmung dieses Riesen (der Dicke nach) wurde dadurch ermöglicht, daß in unmittel-

barer Nähe verschiedene, uralte Arven in ca. 1 m Höhe über dem Boden abgesägt waren. Das Holz dieser Stöcke war noch so gesund und wohlerhalten, daß sich ihr Alter durch Zählung der Jahresringe bis auf 2 oder 3 Jahrzehnte genau ermitteln ließ. Mittlerer Durchmesser und Alter (Jahresringzahl) standen bei diesen Stümpfen in so übereinstimmendem

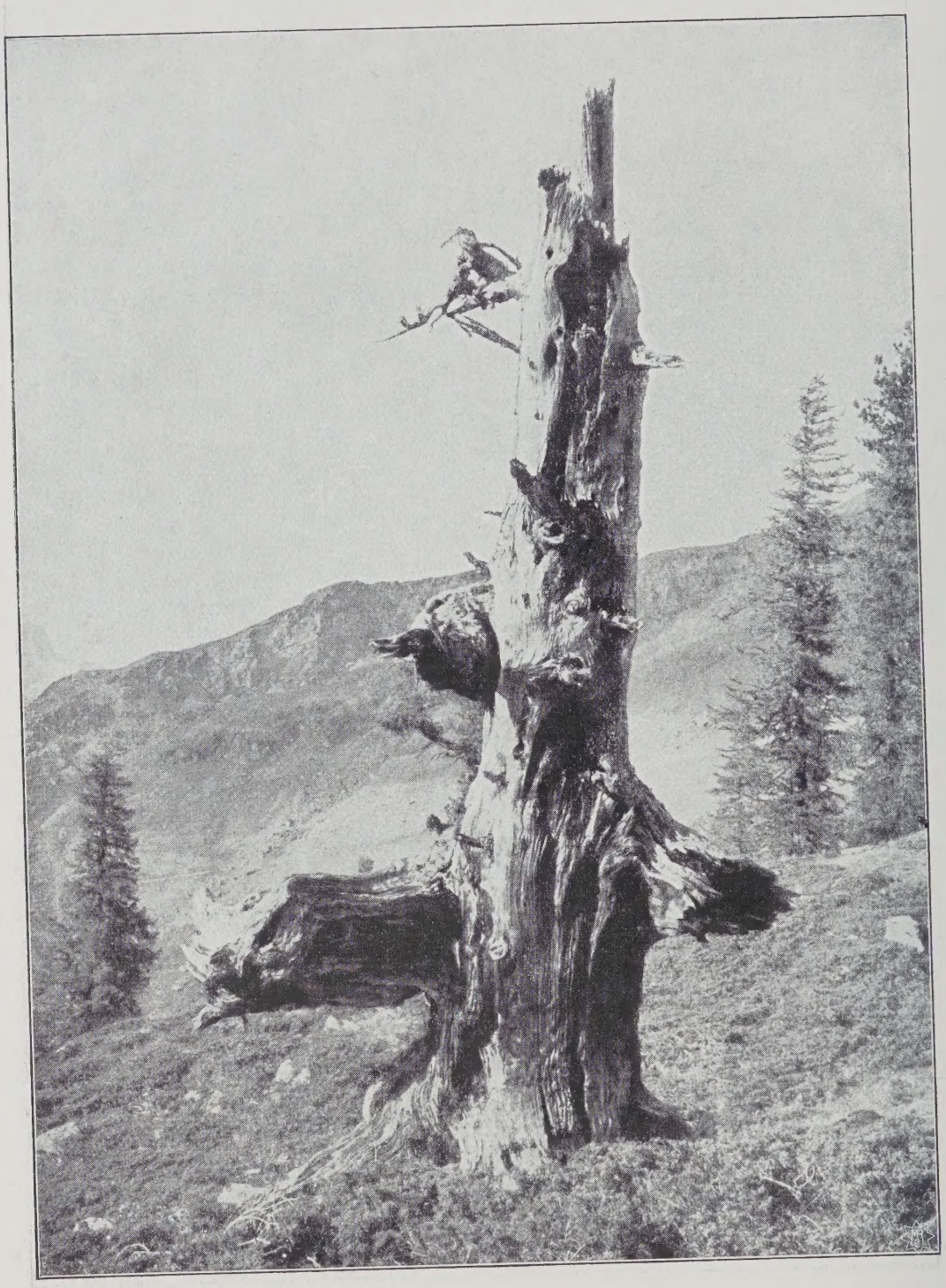

Fig. 7. Stark verwetterte Arvenleiche von 4,58 m Stammumfang, beim Findelengletscher (Riffelalp) (ca. 2300 m). 6. September 1899. Nach L. Klein.

Verhältnis, daß sich aus dem Stammumfang der dicksten Arve ihr wirkliches Alter berechnen ließ. Von den drei untersuchten Stöcken hatte der stärkste 4,80 m Umfang = rund 1,53 m Durchmesser; man konnte ca. 730 Jahresringe zählen, wozu für die kleine Faulstelle im Zentrum noch

etwa 20 kommen, ergibt im ganzen 750 Jahre; ein zweiter Stumpf mit 2,30 m Umfang = 73 cm Durchmesser hatte 340 Jahresringe, ein dritter von 1,70 m Umfang = 54 cm Durchmesser 250, und ein abgesägter Ast der starken Arve von ca. 50 cm Durchmesser ebenfalls 250 Jahresringe. Man findet hieraus, daß das Alter hier ungefähr der fünffachen Durchmesserzahl (in Zentimeter ausgedrückt) entspricht. Die Multiplikation der oben mitgeteilten Durchmesserzahlen mit 5 ergibt nämlich 765, 365, 270, 250. Diese aus dem Durchmesser berechneten Zahlen stimmen also mit den durch Zählung ermittelten für unsere Zwecke völlig überein. Multipliziert man den Durchmesser der stärksten Arve, 243 cm, mit 5, so ergibt dies die ungeheuere Zahl von 1215, also rund 1200 Jahren als Alter unseres Baumes". Dieser Baum ist in der Fig. 6 abgebildet.

Die am gleichen Standorte von Klein beobachtete und in Fig. 7 wiedergegebene Arvenleiche von 4,58 m Stammumfang hat nach Klein schätzungsweise ein Alter von 1000—1200 Jahren, vielleicht sogar noch mehr.

Pinus Strobus L. Man kennt Stämme von 400—450 Jahren und mehr[1]).

Dammara australis. Es gibt Exemplare der Kaurifichte, die nach einer Schätzung Hochstetters 700—800 Jahre alt sind[2]).

Cedrus Libani. Nach Booth G., der im Mai 1836 am Libanon weilte, stehen hier noch etwa 350 Stämme, „von denen die jüngsten etwa 25 Jahre, die ältesten nach ihren ungewöhnlichen Dimensionen und dem altertümlichen Ansehen so alt erscheinen, daß, wie er sich ausdrückt, es nicht wundernehmen kann, wenn manche den Glauben hegen, daß diese Stämme wohl schon zur Zeit Salomons existiert haben mögen"[3]). Der größte Baum hatte einen Umfang von etwa 46 Fuß 8 Zoll und eine Höhe von 110 Fuß.

Genauer kann das Alter dieser ältesten Bäume nicht bestimmt werden, da sie hohl sind und nur aus der Rinde und einem schmalen Holzteil bestehen. Nach verschiedenen Angaben[3]) und nach Zuwachsbeobachtungen an der ältesten Zeder im Jardin des Plantes in Paris dürften die Zedern ein Alter von 1200—1300 Jahren erreichen können.

b) Gnetinae.

Welwitschia mirabilis. Eine durch ihre Gestalt höchst merkwürdige Gnetacee, deren verkürzter, etwa 60 cm hoher Stamm, abgesehen von den 2 Keimblättern, nur 2 große, gegenständige, ausdauernde, dicklederige Laubblätter trägt von einer Breite bis etwa 1½ m und einer Länge bis zu 2 m. Anfangs ganzrandig, zerfransen sich die Blätter später der Länge nach in mehrere gekrümmte, nach oben gewölbte, mit ihrer Spitze am Boden liegende Bänder. An der Basis findet sich eine Querzone, die sich periodisch streckt. Von hier aus verjüngt sich das Blatt immer von neuem, während es an der Spitze allmählich vertrocknet und abstirbt. Die Pflanze wächst sehr langsam und wird 70—100 Jahre alt[4]).

---

1) Kirchner, O., Loew, E., Schröter, C., l. c. p. 278.
2) Mielck, E., l. c. p. 97.
3) Mielck, E., l. c. p. 104.
4) Karsten, G. und Schenk, H., Vegetationsbilder, l. c. 1903, Heft 5.

Angiospermae.

a) Monokotyledonen.

Über das Alter langlebiger Monokotylen liegen genaue Angaben begreiflicherweise nicht vor, da ja Jahresringe im Stamme fehlen und wir daher kein verläßliches Mittel zur Bestimmung des Alters haben. Auch der Versuch, das Alter nach den durch die Blattnarben zustandekommenden Blattringen zu enträtseln, führt zu keinem brauchbaren Resultate.

Fig. 8. Dracaena Draco, der angeblich etwa 6000 Jahre alte Drachenblutbaum von Orotava auf Teneriffa. Nach einer Originalzeichnung von J. Selleny.

Aus den stattlichen Größen, die Palmen erreichen können, muß man jedenfalls schließen, daß sie wohl recht alt werden können. Die von A. v. Humboldt näher beschriebene, auf den Anden vorkommende Wachspalme Ceroxylon andicola zeigt eine Höhe von 52—60 m. Über das Alter aber liegen verläßliche Angaben in der Literatur nicht vor.

Liliaceae. Dracaena Draco. Als die Spanier im Jahre 1492 die Insel Teneriffa eroberten, fanden sie in der Stadt Orotava einen mächtigen Drachenblutbaum, der schon damals als sehr alt galt. A. v. Humboldt bewunderte 1799 denselben Veteran und gibt sein Alter schätzungsweise auf 5000 bis 6000 Jahre an. Der Stammumfang betrug etwa 15 m und seine Höhe beiläufig 22 m. Wie aus der Fig. 8 zu ersehen ist, hatte der Stamm eine mächtige Höhlung, seine Standfestigkeit wurde dadurch nach und nach so geschwächt, daß er im Jahre 1868 einem Orkane zum Opfer fiel[1]).

1) Mielck, E., l. c. p., 87.

Auf Grund der historischen Angabe und in der Meinung befangen, daß die Drachenbäume sehr langsam wachsen, hielt Humboldt den Baum für sehr alt und schätzte ihn auf 6000 Jahre. Das war aber eine bloße Schätzung, denn der Drachenbaum ist eine einkeimblättrige Pflanze, diese besitzt keine Jahresringe, daher läßt sich ihr Alter nicht feststellen.

Vor einigen Jahren weilte Pütter[1]) auf Teneriffa und benutzte diesen Aufenthalt zu einer höchst wertvollen kritischen Studie über das Alter der Drachenbäume, der ich folgendes entnehme. Pütter weist zunächst das historische Argument für das hohe Alter des Individuums, das Humboldt sah, zurück, da auf die zahlenmäßigen Angaben der dortigen Bewohner, die nicht selten ihr eigenes oder ihrer Kinder Alter nicht kennen, nicht viel zu geben ist. Pütter versuchte daher zuerst darüber Aufschluß zu erhalten, ob Drachenbäume wirklich sehr langsam wachsen und suchte, da Humboldts Baum nicht mehr existiert, nach vergleichbaren, noch jetzt lebenden Exemplaren. Da zeigte es sich, daß der Drachenbaum von Villa Orotava im Jahre

	Umfang nahe der Wurzel	Durchmesser 2,8 bis 3 m über dem Boden	Höhe
1799	14,6 m	3,3—3,65 m	15—18 m

und der Drachenbaum von Icod de los Vinos im Jahre

1925	17,45 m	4,82 m	22 m

hatte.

Wie aus diesen Messungen ersichtlich ist, übertrifft der Baum von Icod den von Humboldt gesehenen Baum in allen Abmessungen. Nach den von Schacht, Samler-Brown und Pütter durchgeführten Messungen hat der Umfang des Baumes von Icod in den letzten 68 Jahren jährlich um 8 cm zugenommen. Nach den von Pütter angestellten Berechnungen kann man schließen, daß der Drachenbaum von Icod, der den berühmten Humboldt-Baum an Größe noch übertrifft, keinesfalls älter als 185 Jahre ist. Nach den Angaben des genannten Forschers kann auch die eigentümliche Verzweigungsart der Drachenbäume als ein Anhaltspunkt für ihr Alter benutzt werden. Sobald der Sproß abgeblüht hat, verliert er dadurch seinen endständigen Vegetationspunkt, stellt sein Längenwachstum ein und dann brechen unter der alten Spitze neue Sprosse hervor. Gewöhnlich blüht der Drachenbaum alle 8, 11 oder 12 Jahre. Wenn dies richtig ist, so wäre es ja möglich, aus der Zahl der an der Narbe kenntlichen Blütenperioden des Baumes sein Alter zu bestimmen. Auch nach dieser Betrachtungsweise des Alters gelangt Pütter zu der Überzeugung, daß von den lebenden Drachenbäumen keiner auch nur 200 Jahre alt ist. Den Baum von Icod hält er für 160—170jährig, und da dieser Baum in allen seinen Dimensionen größer ist als der berühmte Baum Humboldts, so liegt kein Grund vor, diesen für älter zu halten.

Dracaena Cinnabari Balf. fil. Prof. O. Simony, der seinerzeit im Auftrag der Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften in Wien Sokótra[2]) bereiste,

---

1) Pütter, A., Das Alter der Drachenbäume von Tenerife. Die Naturwissenschaften. 14. Jahrg. (1926), p. 125.

Ders., Altersbestimmungen an Drachenbäumen von Tenerife. Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wissensch., mathem.-naturw. Kl. Sitzung v. 14. Nov. 1925.

2) Karsten, G. und Schenk, H., Vegetationsbilder, 3. Reihe, Heft 5 (v. Wettstein, Sokótra, Tafel 26).

brachte unter anderem eine Photographie eines alten Exemplares von Dracaena Cinnabari mit, dessen Stammdurchmesser 1,6 m betrug. Nach diesen Dimensionen muß man wohl schließen, daß dieser Baum auch ein sehr hohes Alter erreichen kann.

Polygonatum. Die unterirdischen Sprosse dieser Gattung lassen ihr Alter deutlich an der durch das Absterben der oberirdischen Stengel zurückbleibenden großen Narben, die der Pflanze auch den Namen „Salomonssiegel" eingetragen haben, erkennen. Es handelt sich hier bekanntlich um eine fleischige, kriechende, sympodiale Grundachse mit sehr deutlichen Internodien, die durch die bereits erwähnten Narben abgegrenzt sind (Fig. 10). Da das Internodium dem jährlichen Zuwachs des Rhizoms entspricht, so läßt sich aus der Zahl der Internodien bzw. der Narben das Alter des ganzen lebenden Rhizoms und jedes einzelnen Stengelgliedes bestimmen.

Fig. 9 a.

Fig. 9 b.

Fig. 9 c.

Fig. 9. Die Drachenbäume von: a) Icod de los Vinos, ca. 22 m hoch, 1923; b) Realejo bajo, ca. 15 m hoch, 1925; c) Laguna, ca. 9 m hoch, 1925, in gleichem Maßstabe. Nach Pütter.

Der Wurzelstock wächst an der Spitze weiter und stirbt von hinten ab. Das einzelne Sproßstück oder der einzelne Jahrgang hält sich lange, mindestens bis zu 15 Jahren lebend. Solche 15jährige Sproßachsen können bei Polygonatum multiflorum über 40 cm lang werden[1]).

Frl. E. Flamm[2]) hat auf meine Anregung das Alter der Rhizome

1) Kirchner, O. usw., l. c., Bd. I, 3. Abt., 21. Lfg., p. 657.

2) Flamm, E., Zur Lebensdauer und Anatomie einiger Rhizome. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 131. Bd., 1922, 1.—3. Heft.

bei verschiedenen Pflanzen untersucht und festgestellt, daß das Alter, welches das Stockwerk eines Rhizoms erreichen kann, beträgt bei

Anemone ranunculoides	7	Jahre
Polygonatum latifolium	8	,,
Asarum europaeum	14	,,
Polygonatum officinale	16	,,
,, multiflorum	17	,,
,, verticillatum	17	,,
Anthericum ramosum	17	,,
Paris quadrifolia	17	,,

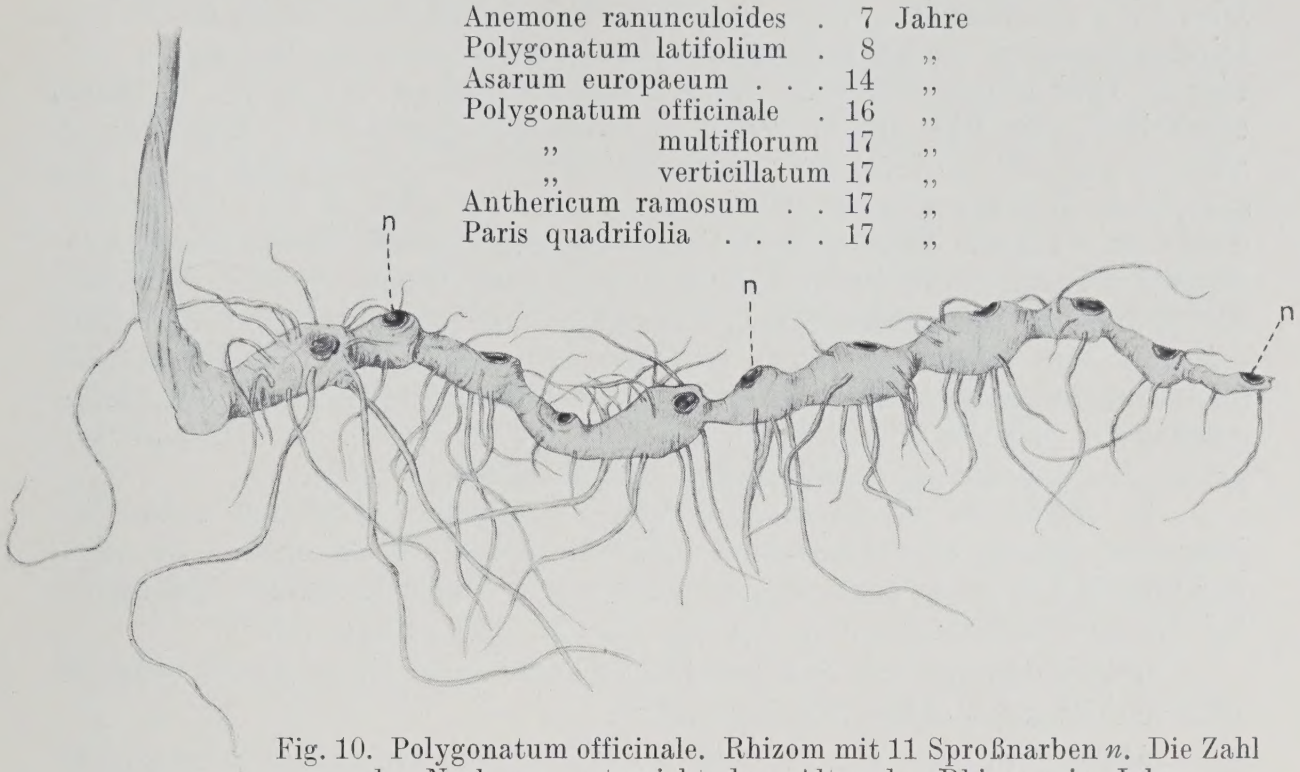

Fig. 10. Polygonatum officinale. Rhizom mit 11 Sproßnarben *n*. Die Zahl der Narben *n* entspricht dem Alter des Rhizoms in Jahren. ½ der natürl. Größe. Original.

b) Dikotyledonen.

Fagales.

Betula verrucosa Ehrh. Höchstes Alter gewöhnlich 90—100, selten 120 Jahre und mehr[1]).

Betula nana. Wir verdanken Kraus[2]) einige wertvolle Angaben über die Lebensdauer und das Wachstum nordischer Sträucher, unter anderem auch über die Zwergbirke, die in der folgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt sind.

Unter 73¼° nördl. Br. gewachsen.

Nr.	Alter	Stamm-halbmesser in mm	Jahresring-weite in mm	Bemerkungen
1	40	4	0,1	Exzentrisch gewachsenes, federkieldickes Exemplar, etwa 1 dm langes, reich verzweigtes Stämmchen mit entsprechendem Wurzelwerk. Größter Halbmesser 4 mm, kleinster 3 mm.
2	80	6,0	0,07	Sehr regelmäßig gewachsenes Exemplar.
3	53	12	0,23	Schöner vollrunder Stamm.
4	67	8,5	0,13	Stammdurchmesser 12 mm.
5	62	9,0	0,14	Wurzel
6	10	16,0	1,6	Aus dem Würzburger botanischen Garten stammendes Exemplar.

1) Hempel, G. und Wilhelm, K., l. c. 2. Abt., p. 21.
Boppe, L. et Jolyet, Traité pratique de Sylvieculture. Les forêts. Paris 1901, p. 79.

2) Kraus, G., Über Alter und Wachstumsverhältnisse ostgrönländischer Holzgewächse. Botan. Zeitg. 1873, p. 518.

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, war das älteste untersuchte Exemplar 80 Jahre alt, obwohl der Radius des Stammes nur 6 mm betrug. Dies wird verständlich, wenn wir die außerordentlich geringen, jährlichen Dickenzuwächse berücksichtigen. Die Jahresringdicke betrug ja bei diesem Individuum nur 0,07 mm! Solche Pflanzen des hohen Nordens erscheinen auf den ersten Anblick jung, bei genauerer Untersuchung aber entpuppen sie sich als alte, krüppelhafte Greise, die unter den ungünstigen Bedingungen der arktischen Zone trotz alledem ein hohes Alter erreichen. Da die Blüten- und Fruchtbildung und die Vermehrung nordischer Gewächse oft durch Klimafaktoren Schiffbruch erleiden, wird auf die Erhaltung des Einzelwesens besondere Sorgfalt verwendet und ihm dadurch eine möglichst lange Lebensdauer gesichert[1]). Ähnliches gilt auch von den anderen durch Kraus untersuchten ostgrönländischen Holzgewächsen: Salix arctica Pall., Vaccinium uliginosum L. und Dryas octopetala L., auf die ich noch später zurückkommen werde.

In milderem Klima erwachsene Stämmchen erreichen schon in jüngeren Jahren eine bedeutendere Dicke als die arktischen. So wies das älteste Exemplar starker Zwergbirken aus dem Schongauer Hochmoor bei einem Durchmesser von 1⅓ cm nur 22 Jahresringe auf[2]).

Betula odorata von der Halbinsel Kola wies in einem 22 cm starken Querschnitt sogar 124 Holzringe auf[3]).

Alnus glutinosa. 100—120 Jahre. Doch wurde ein einzelnes Exemplar auf 300 Jahre geschätzt[4]).

Alnus incana L. von der Halbinsel Kola hatte einen Stammdurchmesser von 48 cm. Der Baum mußte ziemlich alt sein, wenn man bedenkt, daß ein Sektor eines Stammes derselben Gegend 63 Jahresringe erkennen ließ.

Carpinus betulus L. Die Hainbuche erreicht selten ein Alter von über 150 Jahre, in einzelnen Fällen kann sie auch 250 Jahre überschreiten.

Carpinus duinensis Scopoli. Die orientalische Weißbuche wird selten über 100 Jahre.

Ostrya vulgaris Willd. Übersteigt selten 100 Jahre.

Corylus avellana L. 60—80 Jahre. Ein riesiges Exemplar im Parke des Rittergutsbesitzers Schwöbber in Hannover wird auf 150 Jahre geschätzt[5]). Es hat 10 m Höhe und 1 m über dem Boden einen Umfang von 2,20 m.

Corylus colurna L. Meist nicht über 100 Jahre.

Castanea vulgaris Lam. Die Edelkastanie wird sehr alt: 200 bis 500 Jahre. Erwähnenswert ist der berühmte Castagno dei cento cavalli am Ätna. Sein seit Menschengedenken hohler Stamm ist in 5 Stücke geteilt und hat einen Umfang von 64 m. Kanngiesser erwähnt die Sage, daß die 5 Stämme einst einen Baum gebildet haben und Swinburne behauptet, sich durch Nachgraben überzeugt zu haben, daß die Stämme

---

1) Kraus, G., l. c. p. 514.
2) Graf Leiningen, Humusablagerungen in den Alpen 1907.
3) Kanngiesser, F., Über Lebensdauer und Dickenwachstum der Waldbäume. Allgem. Forst- und Jagdzeitung 1906, p. 181.
4) Ders., Zur Lebensdauer der Holzpflanzen. Flora 1909, p. 417.
5) Ders., Ebenda, p. 418.

zwar bis zum Boden getrennt, unten aber verbunden seien[1]). Am Donnersberg in der Rheinpfalz steht ein 400jähriger Stamm von 9 m Umfang und im Maggiatal ein 500jähriger Stamm.

Fagus silvatica L. wird selten älter als 250 Jahre[2]). Ausnahmsweise kommen viel ältere Buchen vor. Eine der größten steht bei Montigny (Seine-Inférieure) am Waldrande Roumare. Ihr Alter wurde auf 600 bis 900 Jahre berechnet[3]).

Kanngiesser[4]) stellte eine Liste von sehr alten Buchen in einer Tabelle zusammen, die ich hier wiedergebe. Bei der Sichtung des Materiales wurden nur solche Exemplare aufgenommen, die einen Umfang von mehr als 5 m aufwiesen.

Nr.	Standort	Umfang in m	Höhe, in der der Umfang gemessen	Altersschätzung in Jahren	Literatur
1	Buche bei Flims in Graubünden	5,30	1,20 m	300	Baumalbum d. Schweiz, Bern 1896, Fig. XIII
2	Ludwigsbuche in der Oberförsterei Kranichstein bei Darmstadt	5,39	Brusthöhe	300	Bemerkenswerte Bäume d. Großherzogtums Hessen 1904, S. 18
3	von La Houssaye bei Guerbaville (Normandie)	5,43	1 m	375—575	Kerville, Vieux arbres de la Normandie, Fasc. II
4	die Le Bourdigale-Buche bei la Haye (Normandie)	5,55	1 m	375—575	Kerville, Liste descriptive des arbres remarquables etc., Rouen 1905
5	von Wildenberg in Oberfranken	ca. 5,8	Schaftumfang	800 ?	Stützer, Die größten, ältesten und sonst merkwürdigen Bäume Bayerns, München 1900 bis 1905, S. 15
6	Burghofsbuche bei Jena i. d. Nähe des Forsthauses	2,70	1 m (auf der Burgseite)	100	Messung vom 5. Febr. 1906
7	hohe Buche bei Dannweiler (Rheinpfalz)	6,30	1 m	—	Stützer, l. c. p. 193
8	bei Dänisch Neuhof	7,40	30 cm	—	Goeppert, Riesen des Pflanzenreichs, Berlin 1869, S. 14
9	von Montigny i. d. Normandie	8,20	1 m	630—930	Kerville, Vieux arbres, Fasc. I
10	Abt. Neuhüttengraben i. d. Tegernseer Bergen	7	Brusthöhe	—	Stützer, l. c. S. 106

1) Kirchner, v. O., Loew, E., Schröter, C., l. c. Bd. II, p. 135.
2) Boppe, L. et Jolyet, l. c. p. 68.
3) Gadeau de Kerville, H., Les vieux arbres de la Normandie. Etude botanico-historique, Rouen 1890—1898, Fasc. I, p. 212—215. Vgl. auch Gertz, O., Bemerkungen über alte Bäume. Skånes Natur, Skånes Naturskyddförenings Årsskrift 1926/27, 10—77. Ders., Die Lundågards-Buche und die Buche auf dem Hofe der Kathedralschule usw. Ebenda 1925, p. 44—58.
4) Kanngiesser, F., Allgem. Forst- und Jagdzeitung, l. c. p. 183.

Quercus pedunculata Ehrh. Die Stieleiche[1]) kann sehr alt werden, doch wird ihr Alter oft überschätzt. Ein Eichenstamm kann auf günstigem Boden 1½ m im Durchmesser erreichen und doch nicht älter als 125 Jahre sein. 300jährige Eichen sind im Spessart keine Seltenheit. Auch 500jährige wurden bereits festgestellt und Kanngiesser und Mielck nehmen sogar 1000jährige an.

Der bekannte Botaniker Goeppert in Breslau pflegte mit seinen Hörern eine der größten Eichen Deutschlands, eine Stieleiche, zu besuchen, die zu Pleischwitz in der Nähe von Breslau stand. Diese hatte im Jahre 1846 eine Höhe von über 24 m und ⅔ m über der Erde einen Umfang von 13,2 m und einen Durchmesser von 4,4 m. Ihr Stamm war hohl und in dieser Höhlung konnten 30 Menschen Platz finden. Als diese Eiche 1857 zusammenbrach, konnte das Alter ziemlich genau festgestellt werden und ergab 700 Jahre. Da es sich hier um eine der stärksten Eichen handelt, die man kennt, so darf man schließen, daß Eichen wohl nur selten 1000 Jahre oder mehr erreichen, denn selbst die stärksten von Evelyn[2]) beschriebenen Eichen waren nicht von der Stärke des schlesischen Giganten. Auch die von A. v. Humboldt geschilderte Eiche, die sich zu Montravail bei Saintes in der Charonte inférieure befindet, und der von ihm ein Alter von 1800 bis 2000 Jahre zugeschrieben wird, dürfte wohl kaum halb so alt sein, da sie laut einer französischen Angabe[3]) 1 m über dem Boden nur 10,85 m Umfang hat, also weniger als die 700jährige Eiche von Pleischwitz.

Eine zu Oxford am Tor des Wasserspazierweges beim Magdalenen-Kollegium stehende Eiche war so groß, daß 3000 Menschen unter ihr Schutz fanden. Sie stürzte bei der Anlage des Spazierweges, arg mißhandelt, 1788 zusammen. Ihr Alter wurde auf 900 Jahre berechnet[4]).

Nach Becker[5]) soll das Durchschnittsalter der ältesten Eichen im Hasbruch in Oldenburg auf 1200—2000 zu schätzen sein, an gefällten Eichen wurden 1100 resp. 1500 Jahresringe gezählt, ohne die mittlere Höhlung mitzurechnen. Der Durchmesser der stärksten Bäume war in Brusthöhe 2½—3 m. —

Joly[6]) berichtet über eine alte Eiche bei Erle in Westfalen, deren Umfang in Brusthöhe 12 m betrug und deren Alter auf 1500 Jahre geschätzt wurde.

Die folgende, von Kanngiesser[7]) herrührende Tabelle gibt Aufschluß über verschiedene berühmte alte Eichen.

Aus den Angaben geht nicht immer hervor, welche Eichenart gemeint ist. Die Stieleiche, Qu. pedunculata, wird viel älter als die Traubeneiche, Qu. sessiliflora, daher dürften sich die Fälle von sehr alten Eichen wohl zumeist auf die Stieleiche beziehen. Kanngiesser meint, daß die Eichen über 10 m Umfang wohl ausnahmslos der Stieleiche angehören.

---

1) Kirchner, v. o., usw., l. c. Bd. II, p. 84.
2) Evelyn, Silva or a discourse of Forest Trees, 1664, 1. Aufl.
3) Revue de Saintouge et d'Aunis. Bulletin de la société des archives historiques 1898, p. 50. Zitiert nach Strasburger, E., l. c. p. 44.
4) Mielck, E., l. c. p. 34.
5) Supplement zur Allgem. Forst- und Jagdzeitung, Jahrg. 1894. Jahresber. f. das Jahr 1893, p. 75.
6) Ebenda, p. 76.
7) Kanngiesser, F., Allgem. Forst- und Jagdzeitung, l. c. p. 184.

Nr.	Standort	Umfang in m	Höhe, in der der Umfang gemessen	Altersschätzung in Jahren	Literatur
1	Greendale, Eiche im Walbeck Park	9,30 (1903) 10,20 (1664) 11,10 (1790)	Brh. am Boden "	—	Transactions of the Botanical Society of Edingburgh 1903. The Royal foresty of England, London 1905, p. 222
2	Erzherzog-Johann-Eiche (abgestorben u. rindenlos)	7,98	Brh.	500—600	Hessens Bäume, 33
3	Königseiche Windsor Great Park	8	93 cm	1200 ?	Chambers Encyclopaedia, p. 561
4	Wegweiser Eiche bei Eisolzried	8 9	Mannesh. 3 m	700	Stützer l. c. p. 27
5	Schönbergereiche bei Kempten	8,50	Brh.	—	Stützer l. c. p. 169
6	Breite Eiche bei Kirtorf	7,90	"	800—900	Hessens Bäume 80
7	bei Belmesnil i. d. Normandie	8,85	1 m	700—900	Kerville, Fasc. II
8	Breite Eiche bei Bruckmühl	10,20	30 cm	1000	Stützer l. c. p. 55
9	Teufelseiche bei Volkenroda	9	63 cm	—	H. Wagner, Malerische Botanik, Bd. I
10	König-Max-Eiche bei Kirchseeon	9	Brh.	—	Stützer, p. 8
11	Kapelleneiche zu Allouville	9,79	1 m	800—900	Kerville, Fasc. I
12	Owen-Glendower Eiche bei Schrewsbury	12,50	—	stand schon 1403	C. Brewers Dictionary, 1895, p. 905
13	Mayors-Eiche bei Worksop	10,5	1,55	—	do. do.
14	Wendelini-Eiche bei Geisfeld	9	2,5	1100	Stützer 50
15	bei Pleichwitz i. Schlesien, 1857 durch Sturm umgeworfen	13	63 cm	700—800	Goeppert
16	von Montravail bei Saintes	14,10	Boden	2000 ?	Recueil de la commission des arts etc., 1894, p. 330
17	Fairlop-Eiche in Essex	14,88	—	500 ?	Strand Magazine
18	bei Körtlinghausen in Preußen	12,4	n. d. Boden	—	Meyers Lexikon, 1890, s. Baum
19	Cowthorpe-Eiche bei Wetherby in England	16,8 13,5 11,5	a. Boden 92 cm 1,65	1500	The Cowthorpe oak by Clayton, Edingburgh 1903
20	bei Wehlau in Ostpreußen (existiert nicht mehr)	18	—	—	Gartenlaube, 1886, p. 756
21	Damorey-Eiche in Dorputshire, 1783 vom Sturme niedergeworfen	21	—	—	
22	St. Josephs-Kapellen-Eiche bei Villedieu in Frankreich	19,08 12,29	Basis 1 m	—	Die Januar 1906 vorgenommenen Messungen verdanke ich Herrn R. Thomas

Wertvolle Einzelheiten über verschiedene dieser in der Tabelle angeführten Eichen finden sich bei Kanngiesser[1]).

Quercus sessiliflora. Eine im Rittergut Imbshausen in Hannover stehende Eiche hatte in Brusthöhe einen Umfang von 8,50 m und dicht über der Erde einen von 10,50 m und wurde auf 600—700 Jahre geschätzt[2]).

Quercus cerris L. Gewöhnlich nicht über 100 Jahre.

Quercus ilex L. Kann mehrere hundert Jahre alt werden.

Juglandaceae.

Juglans regia L. Das maximale Alter ist nach Willkomm 300 bis 400 Jahre; der große Nußbaum in Beckenried soll 400 Jahre, ja manche Nußbäume sollen im Maximum sogar 900 Jahre alt sein. Diese Angaben beruhen aber bloß auf Schätzungen und dürften übertrieben sein, denn einer der ältesten unter den bekannten Riesenexemplaren in Interlaken besaß ein Alter von nur etwa 160 Jahren. Parmentier nimmt an, daß der Nußbaum gewöhnlich mit etwa 120 Jahren abständig zu werden beginnt[3]).

Salicales.

Salix alba L. Kanngiesser führt einige sehr alte Silberweiden an, von denen eine in Weizendorf bei Rastenburg 7 m im Umfang hatte und auf mindestens 150 Jahre geschätzt wurde.

Salix fragilis L. Derselbe Autor erwähnt eine 140 Jahre alte Bruchweide[4]).

Salix arctica Pall. Unter einigen auf der Sabina-Insel gesammelten Stämmen, die von Kraus untersucht wurden, befand sich auch einer, dessen Stammeshalbmesser 31 mm betrug und dessen Alter laut Zählung der Jahresringe etwa 130 bzw. 150—200 Jahre war[5]).

Salix myrsinites L. Ein Stamm zeigte bei einem Durchmesser von 6,5 cm 99 Jahresringe (Kanngiesser nach Kihlmann).

Populus alba L. Silberpappeln von 300—400 Jahren kommen nicht gerade selten vor. Eine der stärksten bei Leipheim in Schwaben hatte in etwa 30 cm Höhe einen Umfang von 12 und in 1 m Höhe einen von 11 m und ein Alter von ca. 600 Jahren[6]).

Populus nigra L. Auch diese Art kann mehrere hundert Jahre alt werden. Im botanischen Garten zu Breslau, unweit des Kaiser-Friedrich-

---

1) Kanngiesser, F., Flora, l. c. p. 419—422.
In den beiden vorhergehenden Tabellen über Buche und Eiche finden sich keine Beispiele aus Deutsch-Österreich, nicht vielleicht deshalb, weil es hier keine sehr alten Bäume gibt, sondern weil nur spärliche und weit zerstreute Aufzeichnungen über Baumveteranen existieren. Es wäre meiner Meinung nach eine sehr dankbare und zeitgemäße Aufgabe für botanische Gesellschaften oder Vereine, die sich unter anderem die Landesdurchforschung zur Aufgabe machen, ein Verzeichnis von alten oder anderen interessanten und bemerkenswerten Bäumen zusammenzustellen, wie sie bereits für andere Länder (Bayern, Schweiz, Hessen, Schlesien, Normandie usw.) erschienen sind.
2) Kanngiesser, F., Flora, l. c. p. 425.
3) Kirchner, v. O., Loew, E., Schröter, C., l. c. Bd. II, 1. Abt., l. c. p. 275—276.
4) Kanngiesser, F., Flora, l. c. p. 426.
5) Kraus, l. c. p. 516.
6) Stützer, F., Die größten, ältesten und sonst merkwürdigen Bäume Bayerns. München 1900—1905.

Platzes steht ein Baum von 8 m Umfang in 1¼ m Höhe[1]), dessen Alter auf 300 Jahre geschätzt wird[2]).

Im botanischen Garten zu Dijon in Frankreich steht ein gigantisches, hohles Exemplar von Pupulus nigra. Seine Höhe beträgt 40 m, sein Umfang nahe beim Boden 14 m und sein Alter wird nach dem Verhalten der Nachbarbäume auf mindestens 500 Jahre geschätzt[3]).

Populus tremula L. Die stärkste beobachtete Zitterpappel steht in Aastrup bei Hadersleben. Sie hat eine Höhe von 21 m, in 1,30 m Höhe einen Umfang von 3,73 m und angeblich ein Alter von 140 bis 150 Jahren.

Urticales.

Ficus religiosa. Nach verschiedenen Schilderungen von Reisenden und nach meinen eigenen Beobachtungen in den Tropen erreichen die verschiedenen Ficus-Baumarten sicherlich ein sehr hohes Alter. Genaue Messungen fand ich in der Literatur nicht vor. Einigermaßen bestimmte Angaben, allerdings nicht von Fachleuten, liegen über jenes berühmte Exemplar von Ficus religiosa vor, das bei Anarad papare im nördlichen Teile des Kandyschen Reiches steht und unter dessen Krone Buddha ausgeruht haben soll. J. E. Tennent erzählt in seinem 1859 in London erschienenen Werke über die Insel Ceylon II, p. 613 u. f., daß der heilige Baum nach seiner Ansicht der älteste geschichtliche Baum der Welt sei, da er bereits 288 v. Chr. Geburt gepflanzt worden sei und daher ein Alter von 2147 erreicht haben müßte. Der Baum wird heilig gehalten, Könige widmeten ihm, in der Meinung, daß unter diesem Baume Buddha geruht und seine Apotheose unterzeichnet habe, ihre Besitzungen. Der Baum darf durch keine Waffe verletzt, kein Blatt darf gepflückt und nur die von selbst abfallenden Blätter dürfen gesammelt und als Heiligtum an Gläubige verteilt werden. Der Baum wurde bereits vor 2000 Jahren verehrt und da die Verehrung während dieser Zeit immer bestand, so ist es bei der außerordentlichen Aufmerksamkeit und Sorgfalt, deren er sich erfreute, nach Tennent unwahrscheinlich, daß er abgestorben und einmal durch einen anderen ersetzt worden sei[4]).

Dieser alte Ficus-Baum wird auch in Ritters Erdkunde, IV, 2, p. 237, 251 u. 681, in Lassens indischer Altertumskunde I., p. 260 und in der Reise der österr. Fregatte, p. 288 erwähnt.

Auch der Zoologe Schmarda sah ihn, bemerkt aber, daß der heilige Baum weder durch Form noch durch Größe imponiert und in seinem Aussehen an unsere Weißpappeln erinnert[5]).

Heber[6]) erwähnt einen Riesen-Ficus auf der zur Residenzschaft Bombay gehörenden Insel im Rerbuddastrom, der schon bei der ersten Landung der Portugiesen in Ostindien dagewesen sei; ja die Nachforschungen der Engländer sollen es nicht unwahrscheinlich machen, daß der Begleiter

---

1) Schube, Th., Waldbuch von Schlesien. Breslau 1906, p. 9.
2) Kanngiesser, F., Flora 1909, l. c. p. 419.
3) Journal de la société nationale et centrale d'horticulture de France. 3. série, Tome VII, 1885, p. 87.
4) Mielck, E., l. c. p. 72.
5) Schmarda, L., Westermannsche Monatshefte, Nr. 62. Zitiert nach Mielck, E., l. c.
6) Mielck, E., l. c. p. 71.

Alexander des Großen, Nearchus, diesen Baum schon gesehen und bewundert habe, und daß ihm daher ein Alter von etwa 3000 Jahren zugesprochen werden könne[1]). Wie dem auch sei, jedenfalls geht aus den alten Berichten und den außerordentlichen Dimensionen der Ficusbäume mit Sicherheit hervor, daß sie mit zu den langlebigsten Bäumen gehören, die man kennt.

Ulmus. Wenn von alten Ulmen in der Literatur gesprochen wird, wird leider der Artname nicht mitgeteilt, so daß man jetzt nicht weiß, auf welche Spezies sich die Angaben beziehen.

Nach einem Protokoll der Stadt Morges in der Schweiz vom 10. Mai 1824 stürzte im dortigen Park eine Ulme von außerordentlichen Dimensionen zusammen[2]). Sie hatte eine Höhe von 36 m und einen Umfang von 16,68 m unter der Verastung, 3,60 m über dem Boden noch einen Umfang von 10,29 m. Gezählt wurden am Stocke 335 Jahresringe.

Das Alter einer Ulme, die aus dem Gemeindeplatze des Dorfes Schimsheim, eine Stunde von Wörrstadt im Großherzogtum Hessen steht und deren Stamm 1 m über dem Boden mehr als 13 m Umfang besitzt, wird auf 600 Jahre geschätzt[3]).

Oxford besitzt die berühmten Ulmen (Ulmus campestris) der „Broad Walk"-Allee am Christchurchcollege. Sie reichen auf die Zeit Karl I. zurück und dürften zwischen 1630 und 1640 gepflanzt worden sein. „Von den 75 Bäumen, die auf jeder Seite der Allee standen, sind im ganzen noch 60 am Leben und auch von diesen keiner mehr ganz unversehrt"[4]). Daher dürften Ulmen in England gewöhnlich nicht viel älter als 300 Jahre werden.

Die stärkste bisher beschriebene Ulmus effusa befindet sich im Garten des Rittergutes Perkau; ihr Umfang betrug 1908, in einer Höhe von 1,3 m gemessen, 6,43 m, ihre Höhe 20 m und ihr Alter etwa 300—400 Jahre.

Celtis australis L. wird mehrere hundert Jahre alt.

Platanaceae.

Platanus. Der Riesenwuchs der Platane war bereits den Alten, die sie hoch verehrten, aufgefallen. So erzählt schon Plinius von einer Platane in Lycien, in deren hohlen Stamm der Konsul Metianus mit 18 Begleitern nächtigen konnte.

Pausanias erwähnt eine riesige Platane, die in Arkadien neben einer Quelle bei Caphiae stand und 1300 Jahre gewesen sein soll.

Einer besonderen Berühmtheit erfreut sich die große Platanengruppe in dem am Bosporus bei Konstantinopel gelegenen Dorfe Bujukdere. Sie besteht jetzt[5]) aus 7 Bäumen und Decandolle der Ältere gibt den Umfang des größten Stammes dieser Gruppe auf 150 und seine Höhlung auf 89 Fuß in der Rundung an. Über das Alter dieser riesigen Baumgreise liegen keine brauchbaren Angaben vor.

---

1) Mielck, E., l. c. p. 71.

2) Kanngiesser, F., Flora 1909, p. 427.

Schweizer Baumalbum, Nr. XIV. Text von Coaz, Lieferung 1—5. Bern 1896 bis 1900.

3) Müller, K., Deutsche Baumriesen. Gartenlaube 1876, p. 334.

4) Nach einer Mitteilung des Prof. Sidney H. Vines in Oxford an E. Strasburger (l. c. p. 415).

5) Mielck, E., l. c. p. 79.

Buxaceae.

Buxus sempervirens L. Rörig[1]) schätzt eine Hecke im Garten des Oberförstereidienstgehöftes zu Hachenberg, die 1,6 m hoch und ebenso breit ist, auf mehrere hundert Jahre. Nach Kanngiesser[2]) dürften aber die Stämme höchstens 150jährig sein.

Cactaceae.

Cereus giganteus, der Riesenkaktus der subtropischen Zone der nordamerikanischen Waldflora bildet Stämme, die im günstigen Falle eine Höhe von 18 m und einen Durchmesser von 60 cm erreichen[3]). Zweifellos ganz außergewöhnliche Größen, wenn man bedenkt, daß es sich hier nicht um einen Baum im eigentlichen Sinne, sondern um einen sehr saftreichen, verhältnismäßig weichen Stamm einer Kaktee handelt. Der in der Jugend einfache Stamm ist aufrecht, zylindrisch, vielrippig, dicht mit 2—6 cm langen, kräftigen Stacheln bedeckt und entwickelt gewöhnlich später in seiner Mitte oder darüber armleuchterartig emporstehende Seitenäste in quirliger Anordnung (Fig. 11). Alt geworden vermodert der obere Teil des Stammes und läßt die harten isolierten Gefäßbündel als einzelne Ruten, die sich zu einem soliden Zylinder vereinigen, zurück[4]).

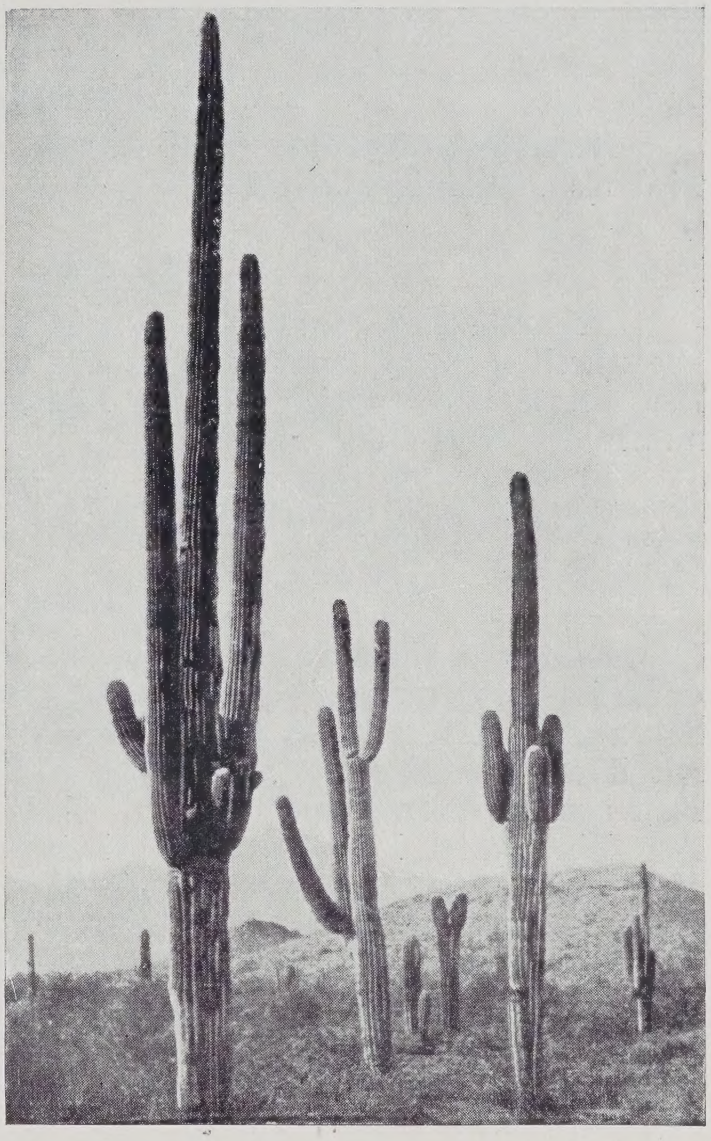

Fig. 11. Vegetationsbild von Cereus giganteus in Arizona.

Lauraceae.

Laurus nobilis L. Lorbeerbäume können, wie dies leicht an oberitalienischen Seen beobachtet werden kann, zu bedeutender Größe heranwachsen. Am Lugano-See findet sich ein Baum von 1,56 m Umfang.

1) Rörig, A., Forstbotanisches Merkbuch von Hessen-Nassau. Berlin 1905, p. 68.
2) Kanngiesser, F., Flora 1909, p. 429.
3) Mayr, H., Die Waldungen von Nordamerika usw. München 1890, p. 232.
4) Schenk, H. und Karsten, G., Vegetationsbilder, 4. Reihe, Heft 7 (Purpus A. und C. A., Arizona). Abbild. auf Tafel 41—42.

Nach Hempel und Wilhelm[1]) erreicht er in unserem Gebiete bei 20jährigem Umtriebe bis 15 m Höhe und 25 cm Stärke. Über das maximale Alter des Lorbeers liegen nur äußerst spärliche Nachrichten vor. Der Lorbeerbaum der Syrer, den Pausanias (VII, 23) erwähnt, wird als einer der ältesten Bäume der damaligen bekannten Welt hingestellt[2]).

Berberidaceae.

Berberis vulgaris L. Kanngiesser fand einen 24 Jahre alten Stamm[2]).

Clematis vitalba. Der Stamm eines alten Stockes war 24, sein Wurzelstock 41 Jahre alt (Kanngiesser).

Magnoliaceae.

Magnolia acuminata. Ein Exemplar im Gutspark zu Benkhausen wird als 100jährig bezeichnet.

Cistaceae.

Helianthemum canum L. Obwohl die Sproßlänge 15 cm nicht zu überschreiten pflegt, erreicht diese Art doch ein ziemlich hohes Alter. Das älteste und zugleich stärkste Exemplar zählte am Kronendurchmesser der Wurzel 28 Jahresringe.

Helianthemum chamaecistus. Das älteste Stück war 24jährig.

Helianthemum polifolium. Das älteste untersuchte Exemplar war 17jährig.

Bombaceae.

Adansonia digitata L. oder Baobab. Ähnlich wie die Mammutbäume durch ihr Alter und ihre Größe den Eindruck des Großartigen, ja des Erhabenen machen, so auch die Affenbrotbäume[3]). Diese Kolosse Afrikas mit ihrem gewaltigen Stammumfang muten einem wie ein gigantischer Rest aus der Vorwelt an.

Ein uraltes Exemplar dieses Baumes, dessen Stammdurchmesser 10 m betrug, fand Adanson an der Mündung des Senegal; er hielt es für den ältesten Baum der Welt. Das Alter berechnete er auf Grund des Dickenzuwachses bei verschiedenen Individuen auf 5150 Jahre. Aber nach den Berechnungen von Schacht scheint der jährliche Zuwachs des Stammes in die Dicke unterschätzt und das Alter daher überschätzt worden zu sein. Wenn auch Adansons Angaben übertrieben sein dürften, so kann es doch keinem Zweifel unterliegen, daß der Affenbrotbaum ein sehr hohes Alter erreichen kann, denn Adanson sah an verschiedenen Riesenstämmen die Namen französischer und holländischer Seeleute in 16 cm hohen Buchstaben mit Jahreszahlen aus dem 14. und 15. Jahrhundert eingeschnitten[4]). Die hohlgewordenen Stämme dieser Baumriesen dienen den Negern zu Wohnungen und Stallungen und den Stammgenossen oft auch zu Versammlungen. —

1) Hempel, G. und Wilhelm, K., l. c. II. Spez. Teil, 3. Abt., p. 20.
2) Kanngiesser, F., Flora 1907, p. 404.
3) Karsten, G. und Schenk, H., l. c. 5. Reihe, Heft 7, auf Tafel 42 eine schöne Abbildung eines alten Baumes.
4) Mielck, E., l. c. p. 85.

Tiliaceae.

Tilia. Litauen ist berühmt durch seine alten Linden und hier stand auch die stärkste Linde, die je gemessen wurde. Ihr Stammumfang betrug 25,7 m und ihr Alter auf Grund der Zählung der Jahresringe 815 Jahre.

Eine der ältesten Linden, Tilia platyphyllos, steht bei Neuenstadt am Kocher[1]) in Württemberg. Nach einer im Stuttgarter Stadtarchiv bewahrten Urkunde muß diese Linde schon im Jahre 1448 ein mächtiger Baum gewesen sein. 1881 war der Umfang dieses Baumes, der nunmehr einer Ruine gleicht, etwa 14,5 m und sein Alter wurde auf 700 Jahre berechnet.

Das bayerische Baumalbum (p. 9)[2]) berichtet ausführlich von der durch Alter und Größe berühmten Linde zu Staffelstein. Ganz unten ist der Umfang 16½ m, der Durchmesser 4,50 m. Auch sie gleicht nur mehr einer Ruine, die durch eiserne Bänder zusammengehalten wird. Das Alter dieser Linde, die eine Tilia grandifolia sein soll, wird auf 800 bis 1000 Jahre geschätzt.

Aceraceae.

Acer campestre L. Im südlichen Teile des Schloßparkes zu Oberglogau befindet sich wohl eines der ältesten Exemplare dieser Art. Stammumfang 3,40 m in 1,25 m Höhe, Alter nach Schätzung etwa 150—200 Jahre. Diese Art dürfte selten über 100 Jahre alt werden.

Acer platanoides L. Ein Veteran dieser Art steht in der Oberförsterei Lautenthal in Hannover. Er ist 25 m hoch, hat in 1 m Höhe einen Umfang von 5,10 m und angeblich ein Alter von 400—500 Jahren. Bäume dieser Art von über 150 Jahre sind eine Seltenheit.

Acer pseudoplatanus L. Einer der stärksten Bäume dieser Spezies findet sich auf dem Gebiete der Gemeinde Kern im Melchtal in der Schweiz. Sein Umfang beträgt, bergwärts am Boden gemessen, 12,20 m[3]).

Acer montanum. Wird bis 200 Jahre alt.

Aquifoliaceae.

Ilex aquifolium L. Der gemeine Hülsen kann ein mehrhundertjähriges Alter erreichen. Eine der stärksten, vielleicht der ältesten Stechpalmen, steht auf dem Gut Gourdiehill in Perthshire. Der Umfang beträgt am Boden 2,21 m und in 1½ m Höhe noch 1,98 m und zwar bleibt dieser Umfang derselbe bis etwa 9 m Höhe, wo der erste Ast abgeht.

Rhamnaceae.

Rhamnus cathartica L. Willkomm behauptet, daß der Kreuzdorn über 100 Jahre werden kann.

Rhamnus frangula L. Der älteste Faulbaum in Marburg zeigte 30 Jahresringe (Kanngiesser).

---

1) Caspary, R., Jahresheft des Vereins f. vaterl. Kunde in Württemberg, 24. Jahrg., 1, 1868, S. 193.

2) Kanngiesser, F., Flora 1909, p. 427.

3) Kanngiesser, F., l. c. p. 428.

Vitaceae.

Vitis vinifera L. In einem Gewächshause zu Kinnell bei Auchmore wird ein Weinstock seit etwa 50 Jahren gezogen, der eine Länge von etwa 50 m hat. Ich kannte im Wiener Prater einen wilden Weinstock, in nächster Nähe des Heustadlwassers bei der Hauptallee, der ½ m über dem Boden einen Umfang von 55 cm und schätzungsweise ein Alter von 80—100 Jahren aufwies.

In Amerika, besonders in den Wäldern am Mississippi und Missouri erreicht die Weinrebe eine außerordentliche Größe. Es soll hier Stöcke von 1 Fuß Durchmesser und 100 Fuß Höhe geben.

Rosaceae.

Ribes rubrum L. Es wurden Stämmchen von 4—11 Jahren festgestellt.

Rosa. Wenngleich die oberen Sprosse der Rose nicht alt werden, so kann die Gesamtpflanze doch ein ziemlich hohes Alter erreichen, da sie sich durch unterirdische Stamm- und Wurzelsprosse immer verjüngt. Kanngiesser[1]) fand 9, 14, 19 und 44 Jahre alte oberirdische Sprosse.

Im Anschluß an seine Beobachtungen über Jenenser Kalkrosen macht Kanngiesser Angaben über die berühmte sogenannte „tausendjährige" Rose im Domfriedhofe zu Hildesheim[2]), die an sehr geschütztem Orte steht und als Ortswahrzeichen sich der besten Pflege erfreut. Nach Kanngiesser dürfte diese „tausendjährige" Rose — es handelt sich um eine Rosa canina forma lutetiana Lem. — mindestens 400 Jahre alt sein. Doch bezieht sich dieses hohe Alter auch hier nicht auf die oberirdischen Stämme, die wohl kaum 50 Jahre überschreiten dürften, sondern um das Wurzelsystem. Der im Jahre 1883 untersuchte ausgewitterte Wurzelstock hatte einen Umfang von 92 cm.

Rosa dumetorum. Der älteste Trieb dieser Art war 14 Jahre alt[3]).

Rosa rubiginosa. Kanngiesser[3]) beobachtete einen 13jährigen Trieb.

Rosa rubrifolia aus Hildesheim war 13jährig.

Rosa repens und **R. caprolata** erreichen in England und Schottland an alten Gemäuern von Kirchen und Schlössern oft eine Höhe von über 200 Fuß, eine bedeutende Stammstärke und dementsprechend auch ein hohes Alter[4]).

Sorbus aria L. dürfte 50—200 Jahre alt werden.

Sorbus domestica. Auf der Nürnberger Ausstellung war ein 43 cm dicker Stamm ausgestellt, der 140 Jahresringe aufwies. Stützer erwähnt einen zu Vrindsberg stehenden, über 1 m dicken Stamm, der auf mindestens 200 Jahre geschätzt wird.

Sorbus terminalis Crantz. Wird mehr als 230 Jahre alt.

Sorbus aucuparia L. Selten über 80 Jahre.

Pirus communis. Alter bis 300 Jahre.

---

1) Kanngiesser, F., Einiges über Alter und Dickenwachstum von Jenenser Kalksträuchern. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft, Bd. 41. Jena 1906, p. 472. Ders., Flora 1907, p. 412.

2) Senator Roemer, Der Rosenstock am Dom zu Hildesheim 1892.
Bertram, A., Zur Kritik der ältesten Nachrichten über den Dombau zu Hildesheim, 1904.
Bank, H., Der tausendjährige Rosenstock am Dom zu Hildesheim, 1904.

3) Kanngiesser, F., Flora 1909, p. 433.

4) Mielck, E., l. c. p. 75.

Pirus malus. Bei Marbach steht ein Apfelbaum, der zu den stärksten bisher beschriebenen gehört. Sein Umfang in Brusthöhe ist 3,63 m, seine Höhe 18 m und sein Alter ist auf 200 Jahre berechnet worden.

Crataegus oxycantha L. Kanngiesser[1]) berichtet ausführlich über den ältesten Weißdorn, der im Garten der Gesellschaft Resource zu Soest in Westfalen steht und von dem schon als altem Baum in den 30er Jahren des 16. Jahrhunderts die Rede war und der sicherlich über 400 Jahre alt ist.

Cotoneaster integerrima Med. Ein verkrüppelter, nur 15 cm hoher Strauch war 13jährig.

Prunus avium L. Wird selten über 100 Jahre alt. Kanngiesser erwähnt einen Kirschbaum, der ein Alter von 300—400 Jahre erreicht haben soll[1]).

Prunus padus L. Man kennt 60 Jahre alte Exemplare.

Prunus spinosa L. wird bis 47 Jahre alt.

Ein mit ausgeprägtem Zwergwuchs ausgestatteter Strauch hatte ein Alter von 28 Jahren. Zwei andere Exemplare waren 23 bzw. 28 Jahre alt. Die ältesten untersuchten Stöcke waren 40 und 47 Jahre alt[2]).

Dryas octopetala L. Kraus[3]) beobachtete an einem 4 mm dicken Stammdurchmesser 25 und Kihlmann[4]) an einem Exemplar der russisch-lappländischen Vegetationsgrenze sogar 108 Jahresringe.

Papilionaceae.

Robinia pseudacacia L. Kann mehr als 200 Jahre alt werden.

Cytisus laburnum L. Man kennt Exemplare von 30 Jahren.

Cytisus Adami. Im Jardin des plantes zu Paris befindet sich ein Exemplar, das im März 1906 einen Basisumfang von 40 cm und ein mehr als 60jähriges Alter hatte[5]).

Spartium scoparium kann 14 Jahre alt werden.

Wistaria sinensis ist seit 1816 in Europa eingeführt. Es gibt Stöcke von 50 und 60 Jahren.

Thymelaeaceae.

Daphne mezereum L. Graf von Leiningen[6]) sammelte ein 2½ cm im Durchmesser breites Stämmchen, das 38 Jahresringe zeigte.

Daphne laureola L. Kanngiesser[7]) berichtet über einen 26jährigen Wurzelstock, an dem ein Stämmchen 11jährig war.

Elaeagnaceae.

Hippophaë rhamnoides L. Es wurde am Strand bei Howachs ein Stock von 60 cm Umfang beobachtet, woraus man wohl schließen darf, daß der Sanddorn ein beträchtliches Alter erreichen kann.

Elaeagnus angustifolia L. Bei Hildesheim hatte ein Exemplar die seltene Höhe von 12 m, einen Durchmesser von 35 cm und ein Alter von 33 Jahren (Roemer).

---

1) Kanngiesser, F., Flora 1909, p. 431 bzw. 432.
2) Kanngiesser, E., Einiges über Alter und Dickenwachstum von Jenenser Kalksträuchern, l. c.
3) Kraus, G., l. c. p. 518.
4) Kanngiesser, F., Flora 1907, p. 415.
5) Ders., Ebenda 1907, p. 416.
6) Ders., Ebenda 1909, p. 431.
7) Ders., Ebenda 1907, p. 410.

Myrtaceae.

Myrtus communis. Zu Raddington stand ein Exemplar der spanischen breitblättrigen Abart, das 1724 eine Höhe von 6 m und ein Alter von 156 Jahren hatte[1]).

Eucalyptus. Zu den charakteristischen Vertretern der Flora Australiens gehört die Gattung Eucalyptus mit ihren zahlreichen Arten. Die wichtigste ist E. amygdalina, auch „Rieseneucalyptus" oder „Wangara" genannt. Dieser Baum erreicht nach durchgeführten Messungen die unglaubliche Höhe von 155 m und an der Basis einen Umfang von 30 m[2]), er übertrifft also mit seinen Dimensionen noch die der Mammutbäume und ist somit der höchste Baum der Erde. Der Stamm bleibt bis zu bedeutender Höhe nackt, denn seine verhältnismäßig spärliche Verzweigung beginnt erst in einer Höhe von 70—90 m, da wo der Umfang noch etwa 12 m beträgt.

Ein Exemplar von E. amygdalina ergab, wenn das englische Fußmaß in das Pariser umgewandelt wird, bei faktischer Messung nach F. v. Müller 394' und die höchsten Bäume dieser Art aus dem Quellgebiete des Yarra und Latrobe wurden auf 470' geschätzt. Der größte Baum in Westaustralien, der Kaori, E. colossea, soll nach Messungen eine Höhe von 375' ergeben haben. Am Fuße des Mont Bau Bau wurde ein Stamm von E. amygdalina gefunden, der sich bis zu einer Höhe von 143,5 m erhob.

Die Eukalypten wachsen überaus rasch, wie man an den in Europa so häufig angepflanzten E. globulus, z. B. an der Riviera, beobachten kann. Bei Antibes in der Villa Thuret erreichten einzelne dieser Bäume binnen 4 Jahren die Höhe von 10 m[3]); mit 20 Jahren pflegen diese Eukalypten schon über 20 m hoch zu sein.

Angaben über das maximale Alter der Rieseneukalypten fand ich leider in der Literatur nicht vor, auch nicht bei Joly[4]); wenn wir aber bedenken, daß Eucalyptus ein sehr raschwüchsiger Baum ist, so dürfte er wohl kaum das Alter der Mammutbäume übertreffen und wenn ja, so doch nicht sehr wesentlich.

Cornaceae.

Cornus sanguinea L. wird bis 50, nach anderen Angaben bis 80 Jahre alt.

Cornus mas L. Es wird ein Baum beschrieben, dessen Wurzelstock 2½ m Umfang hat und der auf 300 Jahre geschätzt wird[5]).

Araliaceae.

Hedera helix L. Es gibt zahlreiche Beispiele von recht alten Efeustöcken. Hier sollen nur zwei Beispiele erwähnt werden, die ich Kanngiessers Zusammenstellung entnehme.

Ein sehr alter Efeu befindet sich auf dem Bergschloß Seebenstein in Unterösterreich. Der Mutterstamm soll ein etwa 200jähriges Alter haben.

---

1) Kanngiesser, F., Flora 1907, p. 416.

2) Müller, F. v., Notes on the vegetation of Australia (Ber. in Rehms Jahrb., 2, p. 210—214.)

Ders., Eucalyptographia 1879—1884 bei Eucalyptus amygdalina. Vgl. auch Griesebach, A., Die Vegetation der Erde usw. II. Bd. Leipzig 1884, p. 550.

3) Naudin, Ch., Mémoire sur les Eucalyptus. Annal. des scienc. nat. Bot. VI. p. XVI. B. 1883, p. 382.

4) Joly, Ch., Note sur les Eucalyptus géants de l'Australie. Paris 1885.

5) Kanngiesser, F., Flora 1907, p. 410.

Zu Gignac bei Montpellier befand sich ein Efeu, dessen Stamm einen Umfang von 1,80 m hatte und der auf etwa 440 Jahre geschätzt wird.

Ericaceae.

Rhododendron. Ausländische Arten haben in England bereits ein Alter von 40—45 Jahren erreicht.

Rhododendron ferrugineum L. Das älteste Exemplar von 10 starken Stöcken war 40jährig[1]).

Rhododendron hirsutum L. Ein vom Achensee stammendes Individuum von 1,7 cm Durchmesser war 54jährig.

Phyllodoce coerulea. Ein von der Halbinsel Kola herrührendes Exemplar war kernfaul und ließ noch 35 Jahresringe erkennen.

Loiseleuria procumbens. Ein von derselben Insel stammendes Stück war 64jährig.

Arctostaphylos alpina L. Über 84 Jahre alt.

Arctostaphylos uva ursi L. Ein aus Russisch-Lappland stammendes Exemplar war 80jährig. Ein vom Grafen Leiningen gesammeltes sehr starkes Exemplar hatte einen Stammdurchmesser von 1,4 cm.

Calluna vulgaris L. Beobachtetes maximales Alter 42 Jahre.

Erica tetralix. Das älteste Exemplar aus holländischem Heidegrunde war 10 Jahre.

Erica carnea L. Ein vom Grafen Leiningen gesammeltes, nur 5½ mm dickes Exemplar von Oberbozen war 21 Jahre alt.

Vaccinium uliginosum L. Kraus[2]) untersuchte Stöcke vom Kaiser-Franz-Josephs-Land, die 85 und 93 Jahre alt waren. Graf Leiningen sammelte ein Exemplar von 1½ cm Durchmesser und einem Alter von 25 Jahren aus dem bayerischen Hochmoor.

Vaccinium myrtillus L. Der Holzkörper wird im Gebirge stärker und auch seine Lebensdauer größer als im Tale. Das beobachtete maximale Alter war 25 Jahre[2]) und bei einem anderen Exemplar 28 Jahre.

Gentianeae.

Nach den Angaben Osterwalders[3]) können genaue Bestimmungen über das Alter der Wurzelstöcke von Gentiana lutea nicht gemacht werden, da sich bei älteren Rhizomen nicht feststellen läßt, ob sie noch vollständig erhalten vorliegen.

Doch konnten bei jungen Wurzelstöcken 15—25 Jahresringe festgestellt werden, ja bei zwei Pflanzen mit noch ganz erhaltenen Rhizomen wurde von demselben Autor das Alter mit 28 bzw. 40 Jahren bestimmt. „Beobachtungen an vielen anderen Exemplaren erlaubten Schlüsse auf 50 und 60 Jahre."

„Überschreiten des vegetativen Höhepunktes und Absterben der Pflanze. Mit dem 5.—8. „Blütenjahr" (bezogen auf aufeinanderfolgende Blütenperioden eines einzelnen Rhizomteiles) über-

1) Leiningen, Graf v., Humusablagerungen in den Alpen, 1907. Zitiert nach Kanngiesser, F., l. c. p. 416.

2) Die Angaben über Ericaceen wurden zumeist aus Kanngiesser, F., Flora 1907 und 1909 entnommen.

3) Osterwalder, R., Beiträge zur Kenntnis pharmazeutisch wichtiger Gentianawurzeln. Diss. d. Univ. Basel 1919, p. 18.

schreitet auch die äußerlich wenig geschädigte Pflanze ihren vegetativen Höhepunkt. Diese alten Wurzelstöcke sind, ähnlich den jüngeren geschädigten, oft noch lange befähigt, weitere Blütensprosse zu bilden, doch erreichen diese die früheren an Höhe, Mächtigkeit und Blütenzahl immer weniger, bis sie schließlich nur noch einen oder zwei Blütenwirtel zur Ausbildung bringen. Das Dickenwachstum von Wurzel und Wurzelstock bleibt zurück und ist anatomisch bald nicht mehr nachweisbar. Die von den Blättern gekrönten Vegetationspunkte stehen auf einer von Jahr zu Jahr schmäler werdenden Basis. Die jüngsten Rhizomteile werden bei fast gleichbleibendem Längenzuwachs immer dünner, bis die Vegetationspunkte absterben. Diese Degeneration kann sich auf 20 und mehr Jahre hinausziehen, während welcher Zeit die unteren Rhizomteile mit ihren Wurzeln durch Vermoderung vollständig verschwinden können."

Primulaceae.

In Moellers „Deutsche Gärtnerzeitung" 1919, p. 238 finde ich die Angabe, daß die Knolle von Cyclamen europaeum 60 Jahre alt werden kann.

Oleaceae.

Olea europaea L. Wer in Südeuropa Ölbäume beobachtet hat, wird bald zur Überzeugung kommen, daß sie sehr alt werden können. Auch die religiösen Legenden und historischen Mitteilungen sprechen dafür. Im Schatten der 8 Exemplare auf dem Ölberge bei Jerusalem soll der Nazarener gewandert sein. Nach Pausanias wird der Olivenbaum auf der Akropolis und zu Delos zu den ältesten Bäumen Griechenlands gezählt.

Nach Picconis Mitteilung soll der größte Olivenbaum bei Pescia stehen. Sein Umfang mißt 21 Fuß und Decandolle, der Ältere, berechnete sein Alter auf 400 Jahre[1]).

Ligustrum vulgare L. Ein 4½ cm dickes Stämmchen auf Würzburger Wellenkalk war 23jährig[2]).

Fraxinus excelsior L. erreicht ganz gewaltige Größen. Sehr alte Bäume wurden auf 200—250 Jahre geschätzt.

Caprifoliaceae.

Lonicera coerulea L. Stämmchen von der Halbinsel Kola waren 7—14 mm dick und waren 9—16 Jahre alt.

Lonicera periclymenum L. kann ein Alter von 38 Jahren erreichen.

Viburnum lantana L. Es wurde ein Stämmchen von 21 Jahren beobachtet.

Viburnum opulus L. Ein aus einem Wurzelstock getriebener Sproß von 2½ m Höhe war 11jährig.

Sambucus nigra L. Ein überaus starker Holunder bei Tölz hat in 1 m Höhe einen Stammumfang von 2,30 m und dürfte etwa 100jährig sein (Kanngiesser).

Sambucus racemosa L. kann ein Alter von 20 Jahren erreichen.

Bignonia Catalpa. Im Park zu Wachenheim hatte ein starkes Exemplar ein Alter von 55—60 Jahren (Kanngiesser).

---

1) Mielck, E., l. c. p. 68.
2) Kanngiesser, F., l. c. Flora 1907, p. 418 und 419.

Labiatae.

Teucrium montanum L. Kanngiesser beobachtete ein 30, 31 und 33 Jahre altes Exemplar. Die oberirdischen Organe sind kurzlebig, die unterirdischen verhältnismäßig langlebig.

Thymus chamaedrys L. Auch hier sind die oberirdischen Teile nur von sehr kurzer Dauer. Es wurde ein Stämmchen mit 14 Jahresringen beobachtet.

Globulariaceae.

Globularia cordifolia L. Obwohl dieses Sträuchlein sehr klein bleibt und sich dem Boden dicht anschmiegt, kann es doch ein Alter von 10 bis 35 Jahren erreichen.

Um eine rasche Orientierung über das höchste, bisher beobachtete Alter der besprochenen Phanerogamen zu ermöglichen, wurde die folgende Tabelle zusammengestellt. Die Reihenfolge wurde derart gewählt, daß unabhängig von der Verwandtschaft zuerst diejenigen Gewächse angeführt wurden, die sich durch große Langlebigkeit auszeichnen, dann die minder alt werdenden und schließlich die kurzlebigen. Es soll nochmals betont werden, daß die angeführten Alterszeiten nur aproximative sind, da ja die Lebensdauer einer Art innerhalb gewisser Grenzen schwankt und die angegebene Ziffer oft nur auf Schätzung beruht.

c) Übersicht

über die maximale Lebensdauer verschiedener Phanerogamen.

Name	Maximales Alter	Stamm-umfang	Stamm-durchmesser	Stamm-höhe
Adansonia digitata	5150			10 m
Sequoia (Mammutbaum) .	4000—5000		10 m	142 m
Ficus religiosa	2000—3000(?)			
Cupressus sempervirens . .	2000—3000		3 m	50 m
Taxus baccata	900—3000			
Juniperus communis . . .	2000	2,75 m		
Taxodium distichum . . .	2000			
Cedrus Libani	1200—1300			
Platanus sp.	1300 (?)			
Picea excelsa	200—1200			
Pinus cembra	1200	7,65 m		
Tilia sp.	800—1000	16,5 m	4,50 m	
Quercus sp.	500—1000			
Fagus silvatica	600—930			
Abies alba	300—800			
Dammara australis	700—800			
Castanea vulgaris	500—700	9 m		
Tilia platyphyllos	700	14,5 m		
Olea europaea	700	6,4 m		
Pinus nigra	600			
Populus alba	300—600	12 m		
Ulmus sp.	300—600	16,68 m		36 m
Pinus silvestris	500			
Acer platanoides	400—500	5,10 m		25 m
Pinus strobus	400—450			
„ canariensis	440			
Juglans regia	300—400			
Ulmus effusa	300—400	6,43 m		20 m
Rosa canina (Wurzelstock).	400			

Name	Maximales Alter	Stamm-umfang	Stamm-durchmesser	Stamm-höhe
Crataegus oxyacantha . . .	400			
Prunus avium	100—400			
Alnus glutinosa	100—300			
Populus nigra	300	8 m		
Pirus communis	300			
Cornus mas	300	2,5 m (Wurzelstock)		
Carpinus betulus	250			
Fraxinus excelsior	250			
Sorbus torminalis	230			
Dracaena Draco	185—200	17,45 m	4,82 m	22 m
Acer campestre	150—200	3,4 m		
„ montanum	200			
Sorbus aria	50—200			
„ domestica	140—200		43 cm	
Pirus malus	200	3,63 m		18 m
Robinia pseudacacia . . .	200			
Hedera helix	200			
Myrtus communis	156			6 m
Corylus avellana	150	2,20 m		10 m
Salix alba	150	7 m		
Populus tremula	150	3,73 m		21 m
Buxus sempervirens . . .	150			
Salix fragilis	140			
„ arctica	130		6,2 mm	
Betula odorata	124			
„ verrucosa	120			
Dryas octopetala	25—108			
Welwitschia mirabilis . . .	70—100			
Carpinus duinensis	100			
Ostrya vulgaris	100			
Corylus colurna	100			
Magnolia acuminata . . .	100			
Rhamnus cathartica. . . .	100			
Vitis vinifera	80—100			
Sambucus nigra	100	2,30 m		
Fockea capensis	100			
Salix myrsinites	99		65 mm	
Vaccinium uliginosum . . .	93			
Arctostaphylos alpina . .	84			
Sorbus aucuparia	80			
Cornus sanguinea	50—80			
Arctostaphylos uva ursi . .	80			
Betula nana	80		12 mm	
Loiseleuria procumbens . .	64			
Cyclamen europaeum (Knolle)	60			
Cytisus Adami	60			
Wistaria sinensis	60			
Bignonia catalpa	60			
Rhododendron hirsutum .	54			
Prunus spinosa	47			
Calluna vulgaris	42			
Clematis vitalba	41 (Wurzelstock)			
Rhododendron ferrugineum	40			
Daphne mezereum	38			
Lonicera periclimenum . .	38			
Globularia cordifolia . . .	38			
Phyllodoce coerulea	35			

Name	Maximales Alter	Stamm-umfang	Stamm-durchmesser	Stamm-höhe
Teucrium montanum . . .	33			
Elaeagnus angustifolia . . .	33			
Rhamnus frangula	30			
Cytisus laburnum	30			
Vaccinium myrtillus. . . .	28			
Helianthemum canum . .	28			
Daphne laureola	26			
Berberis vulgaris	24			
Helianthemum chamaecistus	24			
Ligustrum vulgare	23		4,5 cm	
Erica carnea	21		5,5 mm	
Viburnum lantana	21			
Sambucus racemosa . . .	20			
Helianthemum polifolium .	17			
Polygonatum multiflorum . (Wurzelstock)	15			
Thymus chamaedrys . . .	14			
Spartium junceum	14			
Rosa dumetorum	14			
„ rubrifolia	13			
Cotoneaster integerrima . .	13			
Erica tetralix.	10			

An die kurzlebigen ausdauernden Pflanzen, die zuletzt genannt sind, wären dann die vielen zwei- und einjährigen und ephemeren Gewächse anzureihen, die ja allgemein bekannt sind und daher nicht namentlich angeführt zu werden brauchen.

Es gibt bekanntlich Pflanzen, die nur einmal in ihrem Leben Früchte tragen und solche, die dies mehrmals oder vielmals tun. Die ersteren heißen nach dem Vorschlag Decandolles monokarpisch und die letzteren polykarpisch. Die einmal fruchtenden können ein-, zwei-, mehr- oder vieljährig sein, je nachdem die Sporen- oder Fruchtbildung schon im 1., 2. Jahre oder später eintritt. Nach der Fruchtreife sterben sie ab.

Die Ausdrücke „einjährig“ oder „zweijährig“ haben in der Literatur leider keine scharfbegrenzte Bedeutung und erscheinen, auch mathematisch genommen, nicht glücklich gewählt.

Gewöhnlich[1]) bezeichnet man jene monokarpen Gewächse, die mehrmals im Jahre fruchten oder Sporen erzeugen als „ephemere“, diejenigen, die nur einmal im Jahre fruchten und dann absterben als „einjährige“ oder „annuelle“ und endlich die, deren Lebenslauf sich auf zwei aufeinanderfolgende Vegetationsperioden erstreckt, als „zweijährige“ oder „bienne“, oder wenn ihr Leben erst mehrere Jahre mit der Fruchtbildung abschließt als „perennierende“.

Aber diese Begriffe werden, abgesehen von dem letzten, nicht immer in diesem Sinne genommen. So zählt Kirchner[2]) die monokarpen Pflanzen, die im Herbste keimen und im folgenden Frühjahr blühen und fruchten, zu den annuellen, wenn sie aber schon im Frühjahr keimen und im folgenden Frühjahr fruchten, zu den biennen.

1) Wiesner, J., Biologie der Pflanzen, 3. Aufl., p. 28. Wien und Leipzig 1913.
2) Kirchner, O., Loew, E. und Schröter, l. c. Bd. I, Abt. 1, p. 14. Vgl. auch Hildebrand, F., l. c. p. 60.

Der Ausdruck „ephemer“ scheint mir auch nicht glücklich gewählt, weil er, seiner Etymologie nach, leicht den Eindruck erwecken kann, daß ephemere Pflanzen nur eine nach wenigen Tagen zählende Lebensdauer hätten. Dies trifft allerdings für viele Kryptogamen (z. B. zahlreiche Schimmelpilze) zu, aber nicht für Phanerogamen, denn es gibt keine Blütenpflanze, deren Leben in wenigen Tagen abläuft, auch die ephemeren benötigen dazu mindestens mehrere Wochen (Senecio vulgaris, Stellaria media u. a.).

Abgesehen davon, daß die eben erwähnten Termini nicht immer in derselben Bedeutung genommen werden, ist man leider bei vielen, namentlich den subtropischen und tropischen Gegenden angehörigen Pflanzen oft gar nicht unterrichtet, ob sie ein-, zwei- oder mehrjährig sind, ja manche werden sogar fälschlich als einjährig bezeichnet, die es gar nicht sind. Ricinus z. B. keimt, blüht, fruchtet und wird dann bei uns am Ende der Vegetationsperiode durch den Frost zerstört, man hält daher diese Pflanze oft fälschlich für einjährig. In Wirklichkeit handelt es sich aber um ein mehrjähriges polykarpisches Gewächs, das im warmen Klima sogar baumartig werden kann. Ähnliches gilt auch von Maurandia, Lophospermum, Caiophora und gewissen Capsicum-Arten[1]).

Einen interessanten Fall von Lebensverlängerung infolge Klimawechsels verdanke ich einer privaten schriftlichen Mitteilung meines verehrten Kollegen Richard Wettstein, die wörtlich folgendermaßen lautet:

„Im September 1901 (also am Schlusse der Trockenzeit, vor Beginn der unserem Frühjahre entsprechenden Vegetationszeit) besuchte ich in S. Bernardo in Süd-Brasilien einen deutschen Ansiedler, welcher in seinem Garten allerlei mitteleuropäische Pflanzen „als Erinnerung an seine Heimat“ kultivierte. Darunter befand sich auch Linum usitatissimum, dessen Samen er aus seiner deutschen Heimat besorgt hatte. Die Pflanzen standen zum Teil in Frucht, zum Teil in Blüte, waren fast 1 m hoch, reich verzweigt und besaßen insbesondere am Grunde einen 3—4 cm im Durchmesser haltenden, stark verholzten Stamm, von dem zahlreiche Äste ausgingen.

Auf Befragen teilte mir der Besitzer des Gartens mit, daß er die Pflanzen in den ersten Monaten des Jahres 1900 ausgesät hatte, daß sie seit einem Jahre ununterbrochen blühten und fruchteten, daß er schon früher Pflanzen hatte, die noch älter wurden. Die Pflanzen, welche ich sah, von denen ich auch 1 Exemplar in Alkohol mitbrachte, waren demnach fast 2 Jahre alt und hatten 3 Vegetationsperioden (2 Trockenzeiten und 1 Regenzeit) ununterbrochen vegetiert.

Das bei uns streng annuelle Linum usit. war mithin perennierend geworden, ohne daß die Blüten- und Fruchtentwicklung gehindert war.

L. usit. stammt zweifellos von einer perennen Art ab. Trotzdem hatte die Pflanze nicht die Fähigkeit der Jahresringbildung wieder angenommen, sondern hatte einen ununterbrochen weiterwachsenden, zerklüfteten Holzkörper gebildet.“

Das mir von Wettstein übergebene Präparat war ein Querschnitt des Stammes von ellipsoidischem Umriß, dessen größter Durchmesser 24 mm betrug.

---

1) Hildebrand, F., l. c. p. 67.

Über das Perennieren bei uns als einjährig gezogener Pflanzen an Orten mit wärmerem Winter vgl. auch die Bemerkungen von Wittmack, Bolle, A. Braun und Ascherson in den Verhandl. d. bot. Ver. von Brandenburg, Bd. 18.

C.
Von der verschiedenen Lebensdauer und ihren mutmaßlichen Ursachen.

Wie aus den gewöhnlichen Erfahrungen und den übersichtlich zusammengestellten Beispielen, die dem ganzen Pflanzenreiche entnommen sind, hervorgeht, ist die individuelle Lebensdauer eine höchst verschiedene, aber für die einzelne Art doch im großen und ganzen charakteristische. Die Lebensdauer schwankt bei den verschiedenen Pflanzenarten zwischen wenigen Stunden und Jahrtausenden. Sie übertrifft die der langlebigsten Tiere bei weitem, denn wenn auch der Elefant etwa 200 Jahre und der Walfisch sogar mehrere Jahrhunderte alt werden können, so vermögen diese Tiere doch nicht mit den mehrtausendjährigen Mammutbäumen und Adansonien in bezug auf Lebenslänge zu wetteifern. — Die langlebigsten Lebewesen finden sich also unter den Pflanzen und unter ihnen gibt es derzeit noch solche, die bereits Zeitgenossen vieler noch vor Christi Geburt fallender Ereignisse waren. —

Da drängt sich wie von selbst die Frage auf: Was ist der Grund, daß die einen so kurz, die anderen so lang oder überaus lang leben? Gibt es dafür eine oder mehrere Ursachen und erscheint diese Einrichtung zweckmäßig?

Da die kurzlebigsten Pflanzen unter den kleinsten und die langlebigsten unter den größten Pflanzen zu finden sind, so scheint die Größe der Gewächse für ihre Lebensdauer nicht ohne Bedeutung zu sein. Wenn man überlegt, wieviel organisches Material beschafft werden muß und wieviel Millionen Zellteilungen zustandekommen müssen, bis ein so kompliziertes Gebäude, wie es ein Baum darstellt, fertiggestellt wird, so wird man leicht begreifen, daß ihm eine größere Spanne Zeit beschieden sein muß als einer Alge, einem Hefepilz, einem Moos oder einem Hungerblümchen (Draba). Auch Sträucher leben im allgemeinen viel kürzere Zeit als die viel größeren Bäume. Aber die Größe kann doch nicht ausschließlich die Lebensdauer beherrschen, denn sie gehen nicht immer parallel. Die einjährige Sonnenrose (Helianthus annuus) erreicht die stattliche Höhe von 2 m und darüber und vollendet dennoch in einer einzigen Vegetationsperiode ihr ganzes Leben, während die Silberwurz (Dryas octopetala), ein nur sehr kleines, dem Boden angedrücktes Gewächs, viele Jahre, ja Dezennien ausdauern kann. Zahlreiche andere niedrige, dem Boden anliegende Sträuchlein, wie Azalea procumbens, Empetrum nigrum und Arctostaphylos uva ursi werden viele Jahre alt, während zahlreiche einjährige, krautige Gewächse wie der Mais, gewisse Chenopodium- und Amarantus-Arten viel größer werden und doch nur einige Monate leben. Trotzdem muß die Größe der Pflanze in sehr vielen Fällen die Lebensdauer bis zu einem gewissen Grade beeinflussen, aber neben ihr spielen noch andere Umstände eine mehr oder minder wichtige Rolle.

Weismann hat auch den Gedanken geprüft, ob nicht die Lebensdauer der Tiere mit der Intensität ihres Stoffwechsels zusammenhängt und gelangt dabei im großen und ganzen zu einem negativen Ergebnis[1]). Der Vogel z. B. wird, obwohl er einen ungemein lebhaften Stoffwechsel besitzt, trotzdem sehr alt.

1) Weismann, A., Über die Dauer des Lebens. l. c. p. 5.

Ob die Schnellebigkeit einen Einfluß auf die Lebensdauer der Pflanze hat, wurde von Weismann nicht erwogen, allein, wenn man dies tut, so scheint es doch, als ob auch das Tempo des Stoffwechsels mit der Langlebigkeit in vielen Fällen in einem gewissen Zusammenhang stünde. Die Intensität der Atmung kann bis zu einem gewissen Grade als Maßstab der Stoffwechselintensität angesehen werden. Nun wissen wir: die Blüten atmen ungemein intensiv, schwächer die Blätter und noch schwächer die Stämme. Parallel damit geht auch die Lebensdauer; denn die Blüten leben nur kurze Zeit, schon länger die Blätter und noch länger die Stengel. Vergleicht man sukkulente Pflanzen, die sich durch trägen, langsamen Wuchs und geringe Atmung auszeichnen, mit krautigen weichen Pflanzen, die eine lebhafte Atmung unterhalten, so zeigt sich gleichfalls, daß die sukkulenten, wofern sie wirklich träge atmen, in der Regel ziemlich langlebig, die krautigen aber kurzlebig sind.

Die folgenden Pflanzen[1]) absorbieren pro Stunde und Gramm Frischgewicht bei 12—15° C die angeführten Mengen von Sauerstoff in Kubikmillimetern.

Cereus macrogonus	3,00	Lupinus albus	44,10
Opuntia cylindrica	6,80	Tulipa europaea	89,60
„ maxima	15,30	Faba vulgaris	96,60
Phyllocactus grandiflorus	28,70	Mirabilis jalappa	120,00
		Triticum sativum	291,00

Die erwähnten Kakteen zeigen also eine geringe Atmungsintensität und leben Jahrzehnte lang, die nicht sukkulenten, mehr krautigen Gewächse hingegen atmen viel intensiver, leben aber kaum 1 Jahr.

Jene Organe, mit denen die Pflanzen ausdauern, wie die Knollen, Zwiebeln, Wurzelstöcke und Samen, zeichnen sich im ausgebildeten Zustande gleichfalls durch verhältnismäßig träge und langsame Atmung aus.

All dies spricht dafür, daß das Tempo der Assimilations- und Dissimilationsvorgänge einen Anteil an der Lebensdauer haben kann, schon deshalb, weil durch die Schnelligkeit des Stoffwechsels die für die Frucht- und Samenbildung notwendigen Bau- und Reservestoffe rascher in genügender Menge erzeugt und die Fortpflanzung und der Tod dadurch bei den einmal fruchtenden Pflanzen früher ermöglicht werden. Damit soll nicht behauptet werden, daß nicht noch andere Umstände beteiligt sein können.

Nach Weismann geht das „Streben" der Natur nicht dahin, dem tierischen Individuum im reifen Zustande ein möglichst langes Leben zu sichern, sondern vielmehr dahin, die Fortpflanzungs- und damit also auch die Lebensdauer so kurz zu normieren als nur immer möglich. Er fügt ausdrücklich hinzu, daß sich dies nur auf Tiere bezieht und nicht auch auf die Pflanzen[2]).

Es scheint mir aber, daß die angedeutete Tendenz auch für die einmal fruchtenden Gewächse gilt. Diese keimen, entwickeln sich, speichern, sobald sie ihren Bau vollendet haben, Reservestoffe und schreiten dann zur Frucht- und Samenbildung. Mit dieser letzteren ist eine so hochgradige Erschöpfung der ganzen Pflanze verknüpft, daß sie abstirbt.

1) Aubert, Revue gén. bot. IV, 1892, p. 375. Zitiert nach Jost, L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 3. Aufl. Jena 1913. p. 251.

2) Weismann, A., l. c. p. 11.

Also auch hier zeigt sich, daß die Natur das Individuum unbarmherzig opfert, sobald es für die Erhaltung der Art gesorgt hat. „Der Mohr hat seine Schuldigkeit getan; der Mohr kann gehen."

Für die polykarpen Pflanzen hat das aufgestellte Prinzip der möglichsten Abkürzung des Lebens keine Geltung, denn wir wissen, daß viele polykarpe Gewächse, insbesondere Bäume und Sträucher nach Erlangung ihrer endgültigen Reife noch sehr lange, mitunter viele hunderte Jahre weiter leben. Überlegt man aber genau, so muß dies auch als eine zweckmäßige Anpassung bezeichnet werden, denn man darf nicht vergessen, daß die mehrmals fruchtenden Holzgewächse zu ihrer Reife oft mehrere Dezennien benötigen, bevor sie „mannbar" werden. So beträgt, wie ich aus einer Zusammenstellung bei Büsgen[1]) entnehme, das Blühbarkeitsalter bei freistehenden Buchen 40—50, im geschlossenen Bestand 60—80 Jahre. Eichen kommen im Freistand nach 40, im Schluß erst nach 80—100 Jahren zur Blüte. Im folgenden seien noch einige weitere Beispiele angeführt:

Castanea vesca 40—60 Jahre (Stockloden 6 Jahre),
Hasel 10 Jahre (Stecklinge 3 Jahre),
Hainbuche 20—30 Jahre (Stockausschläge 10 Jahre),
Erle 12—20 Jahre (im Schluß 40 Jahre),
Birke 10—12 Jahre (im Schluß etwa 30 Jahre),
Ulme etwa 40 Jahre,
Linde etwa 25 Jahre,
Feldahorn 25 Jahre,
Bergahorn 30—40 Jahre,
Spitzahorn einige Jahre früher,
Esche 30—40 Jahre,
Fichte 30—50 Jahre (im Schluß 60—70 Jahre),
Tanne 60—70 Jahre,
Lärche 20 Jahre (mit 10 Jahren Blüte, aber keine keimfähigen Samen),
Kiefer 15 Jahre (im Schluß 30—40 Jahre).

Es wäre daher nicht im Interesse der Art gelegen, wenn die Natur den Baum, der dezennienlang assimilieren mußte, um seinen Körper bis zu einer gewissen Größe aufzubauen, zu erstarken und einen gewissen Reservevorrat aufzustapeln, schon nach einmaliger Frucht- und Samenbildung dem Tode opfern würde. Die ersten Nachkommen müßten dann gewissermaßen wieder von vorn anfangen, wieder jahrzehntelang assimilieren, bis es zur ersten Samenbildung von neuem kommt. Dieser Umweg soll vermieden werden und deshalb erscheint es viel zweckmäßiger, den mannbar gewordenen Baum als Samenfabrik möglichst auszunutzen, um zu einer großen Nachkommenschaft zu kommen und so für die Erhaltung der Art in ausgezeichneter und ökonomischer Weise zu sorgen. Dies wird am besten erreicht durch die Verlängerung des Lebens, die dann eine mehr- oder vielmalige Erzeugung von Samen (Polykarpie), durch viele Jahrzehnte, mitunter sogar durch Jahrhunderte ermöglicht. Eine auf eine lange Zeit sich erstreckende reichliche Samenproduktion erscheint um so wünschenswerter, als ja die erzeugten Samen häufig gar nicht zur Keimung gelangen, sei es, daß sie auf ungeeigneten Boden fallen oder sei es, daß sie von Tieren verzehrt oder sonstwie vernichtet werden. Auch werden viele Individuen im Kampfe um die Existenzbedingungen, bevor sie die ersten Samen entwickeln, zugrunde gehen. Auch aus diesen Gründen muß es als eine nütz-

1) Büsgen, M., Bau und Leben unserer Waldbäume. 2. Aufl. Jena 1917, p. 297.

liche Anpassung bezeichnet werden, wenn der Baum auch nach der ersten Samenreife noch lange lebt und auch weiterhin Samen erzeugt.

Überschauen wir unsere Erfahrungen über die Lebensdauer der Gewächse, so gelangen wir auch zu einigen allgemeinen Schlüssen, die wir in folgende 3 Punkte zusammenfassen können.

Bezeichnen wir die Zeit von der Keimung bis zur ersten Frucht- oder Samenbildung als die Jugendzeit und die darauffolgende, durch die Erzeugung von Nachkommenschaft ausgezeichnete und schließlich mit dem Tode endende als die Tragzeit, so kann man sagen:

1. Pflanzen mit kurzer Jugendzeit haben eine kurze Lebensdauer.
2. Pflanzen mit langer Jugendzeit haben in der Regel eine lange Lebensdauer.
3. Auf eine lange Jugendzeit folgt gewöhnlich eine lange, oft sehr lange Tragzeit.

Fig. 12. Corypha silvestris Bl. Palme, die nach dem Blühen absterbt, im blühenden Zustande. (Aus P. und F. Sarasin, Celebes.)

Die beiden Sätze 2 und 3 können nur als Regeln hingestellt werden, denn es kommt, allerdings in verhältnismäßig seltenen Fällen, vor, daß bei manchen monokarpischen Gewächsen nach einer ziemlich langen Jugendzeit unmittelbar nach der ersten Frucht- und Samenerzeugung schon der Tod eintritt. Ein auffallendes Beispiel nach dieser Richtung liefert Fourcroya[1]). Es gibt Palmen, z. B. gewisse Corypha-Arten, die viele Jahre ausdauern und deren ganzes Leben darauf abzielt, Reservestoffe zu sammeln und ihreneinzigen Stammvegetationspunkt schließlich zu einem mächtigen Blüten- und Fruchtstand umzuwandeln. Sobald dies geschehen ist, stirbt die Palme (Fig. 12). Die Agave americana hat in ihrem heimischen Klima, in Mexiko, eine Jugendzeit von 8—10 Jahren, erzeugt dann ihren riesigen Blütenstand, fruchtet und stirbt (Fig 13). Verlängert man durch Änderung der Kulturbedingungen die Jugendzeit, was, wie in einem späteren Kapitel noch ausführlicher erörtert werden soll, leicht gelingt, so wird dementsprechend auch die Blütenentwicklung und damit der Tod hinausgeschoben. Hier zeigt sich so recht deutlich, wie bei monokarpischen Gewächsen die Lebensdauer von der Länge der Jugendzeit abhängt.

Im vorhergehenden wurde auf einige Ursachen, die die Lebensdauer beeinflussen, hingewiesen. Es gibt aber sicherlich noch mehr. So wie sich durch Boden, Klima und Umgebung die Lebensweise der Gewächse ändert, so kann auch Hand in Hand damit die Lebensdauer eine Wand-

1) Müller, F., Bemerkungen zu F. Hildebrands Abhandlung über die Lebensdauer usw. Botan. Jahrb. f. System. usw. Leipzig 1882, p. 391.

lung erleiden: aus einer einjährigen Pflanze kann durch Anpassung an neue Verhältnisse eine zwei- oder mehrjährige werden und ebenso um-

Fig. 13. Agave americana in Blüte am Kap von La Mortola. (Aus A. Berger, Die Agaven, Jena 1915.)

gekehrt. Von diesem Gesichtspunkt werden wir verstehen, warum z. B. sich die Zahl der Einjährigen mit einer bestimmten, vertikalen Höhe ändert.

Nach den Untersuchungen von Bonnier und Flahault[1]) über die Flora der Dauphiné beträgt die Zahl der Annuellen

in der Region unterhalb der Nadelhölzer 200—600 m über dem Meere 60%
in der Region des Nadelwaldes und der Wiesen 600—1800 m 33%
und in der oberen alpinen Region über 1800 m 6%

Es ist somit deutlich ersichtlich, wie mit zunehmender Höhe die Zahl der einjährigen Spezies gewaltig abnimmt, offenbar weil mit der vertikalen Erhebung die Vegetationszeit so kurz, das Klima so rauh wird und die Lebensverhältnisse für die Annuellen so ungünstig werden, daß sie nicht mehr Zeit finden, in der so knapp bemessenen Vegetationszeit ihren Lebenszyklus von der Keimung bis zur Fruchtbildung zu vollenden.

In Übereinstimmung damit finden die beiden Gelehrten auch, daß die Annuellen um so mehr abnehmen, je mehr sie nach höheren Breiten gelangten. So erweisen sich in Paris unter 49° 45% der Pflanzen als einjährig, bei Christiania unter 59,55° nur 30% und bei Listad unter 61,40° bloß 26%.

Arenaria serpyllifolia und Poa annua sind im Tiefland einjährig, im Gebirge mehrjährig, auch können einjährige Tieflandarten im Hochgebirge durch mehrjährige Arten vertreten werden; in den Alpen Draba verna durch D. laevigata und Viola tricolor durch V. lutea.

Nach Kanngiesser (1907) nimmt die Lebensdauer von Holzgewächsen an ihren Vegetationsgrenzen unter dem Einfluß verhältnismäßiger Ungunst des Klimas und Bodens zu.

Wie sehr bestimmte Standorte Pflanzen von bestimmter Lebensdauer bedingen, wie insbesondere die Feuchtigkeitsverhältnisse verschiedener Orte von maßgebender Bedeutung werden, zeigt die folgende Tabelle Hildebrands[2]), die sich auf die Flora von Freiburg i. Br. mit Ausnahme der Voralpen bezieht und in der die Zahlen die Anzahl der Arten anzeigen.

	Einjährig	Zweijährig	Staude	Baum oder Strauch
Steinige und sandige trockene Orte. . .	44	22	134	6
Trockene Wiesen	7	5	111	
Nasse Wiesen mit Gräben oder Sümpfen	34	6	227	27
Wald und Gebüsche	5	3	130	61
Wasser	1		37	
Schutt, Wege und Ackerränder	23	12	8	
Äcker und ähnliche Kulturorte	121		15	
in Prozenten ausgedrückt:				
Steinige und sandige trockene Orte. . .	21,3	10,7	65	3
Trockene Wiesen	5,7	4	90,3	
Nasse Wiesen mit Gräben oder Sümpfen	11,7	2,1	77	9,2
Wald und Gebüsche	2,5	1,5	65	31
Wasser	2,6		97,4	
Äcker und ähnliche Kulturorte	88,8		11,2	

Es ergibt sich: Im Wasser mit seinen mehr gleichmäßigen Bedingungen erreichen die ausdauernden, polykarpischen Pflanzen die Herrschaft,

1) Bonnier et Flahault, Observations sur les modifications des vegetaux suivant les conditions physiques du milieu. Annales des scienc. natur. sér. 6, Tome VII, p. 104.

2) Hildebrand, F., l. c. p. 124—125.

während die Einjährigen mit 2,6% fast ganz in den Hintergrund treten. Ein ähnliches Verhältnis gilt für die im Wald und Gebüsch vorkommenden Gewächse.

Etwas mehr, wenn auch nicht sehr bedeutend, kommen die Annuellen schon auf trockenen Wiesen vor, noch mehr auf nassen Wiesen und in besonderem Grade auf Wegrändern, Schutt und Äckern, wo sie geradezu herrschen.

Aus diesen Tatsachen darf man wohl schließen, daß der Standort zur Lebensdauer sicherlich in Beziehung steht. Obwohl der Begriff Standort einen ganzen Komplex von Einzelfaktoren chemischer und physikalischer Natur umschließt, so soll doch ausdrücklich hervorgehoben werden, daß neben diesen Standortsfaktoren auch noch andere Ursachen die Lebensdauer beeinflussen können, auch wenn man von den inneren und noch unbekannten Ursachen absieht.

D.

Lebensdauer und systematische Verwandtschaft.

Bisher wurde noch nicht die Frage erörtert, ob die Lebensdauer auch mit der Verwandtschaft der Pflanzen zusammenhängt, ob verwandte Arten, Gattungen oder gar Familien und höhere Gruppen ihren Zusammenhang auch durch eine gleiche oder ähnliche Lebensdauer bekunden. Mit dieser Frage hat sich auch Hildebrand[1]) in seiner gedankenreichen Arbeit über die Lebensdauer beschäftigt; vieles, von dem hier im folgenden die Rede ist, stützt sich darauf.

Die Individuen der Art.

Die Individuen ein und derselben Art haben auch ungefähr gleiche Lebensdauer, wenn auch zugegeben werden muß, daß sie nicht eine bestimmte Größe darstellt, sondern um einen gewissen Mittelwert schwankt. Bald mehr, bald weniger. Individuen, die keine Neigung haben, in der Lebensdauer zu variieren, werden sich neuen Verhältnissen schwerer anpassen als solche, die diese Tendenz besitzen.

Zu den Einjährigen, die in ihrer Lebensdauer ziemlich fixiert sind, gehören Erigeron canadense, Polygonum aviculare, Papaver rhoeas. Zu den unter dem Einfluß der Kultur und anderer Umstände bezüglich der Lebensdauer ziemlich schwankenden wären zu rechnen: Brassica napus, B. rapa, Spinacia oleracea, Secale cereale, die kultivierten Weizen- und Gerstenarten. Auch gibt es Pflanzenspezies, die in einem Lande als zweijährig, in einem anderen wärmeren aber als einjährig bezeichnet werden, wie z. B. Melilotus officinalis, Trifolium incarnatum, Oenothera biennis, Isatis tinctoria u. a.

Die Arten einer Gattung.

Auch hier können wir, nur in viel höherem Maße als bei den Individuen, beobachten, daß es sowohl Arten mit ziemlich stabiler als auch solche mit variierender Lebensdauer gibt. Wir kennen viele Gattungen, deren Arten

1) Hildebrand, F., l. c. p. 71—82.

1. fast ausnahmslos einjährig sind: Nigella, Specularia, Helianthus, Melampyrum, Galeopsis, Amarantus usw.;
2. die meist mit unterirdischen Organen perennieren: Thalictrum, Anemone, Caltha, Symphytum, Pulmonaria usw.;
3. meist strauchig sind: Berberis, Rosa, Rhamnus;
4. oder nur Bäume sind: Tilia, Fraxinus, Juglans, Ulmus, Quercus, Fagus, Pinus.

Diesen stehen Gattungen gegenüber, deren Arten sich in der Lebensdauer mehr oder minder unterscheiden, sei es, daß sich in einer Gattung Spezies mit ein- und zweijährigen Gewächsen vereinen (Tordylium), sei es, daß die Gattung einjährige Vertreter und perennierende Stauden (Adonis, Biscutella, Stellaria, Geranium, Lamium, Asperula) oder einjährige Gewächse neben Sträuchern (Sideritis, Chenopodium und Salsola), oder Zweijährige und Stauden (Heracleum, Cirsium, Aconitum) oder Stauden und Holzgewächse (Clematis, Sambucus, Aristolochia, Rubus) enthält. Weitere Einzelheiten findet man bei Hildebrand[1]).

Die Gattungen einer Familie und die höheren Gruppen.

Haben sich schon bei Arten und Gattungen Verschiedenheiten in der Lebensdauer gezeigt, so dürfen wir uns nicht wundern, daß dies bei den Familien und höheren Abteilungen noch in weit höherem Maßstabe der Fall ist. Wie Hildebrand dargetan hat, besteht ein Zusammenhang betreffs der Lebensdauer der Art und der zugehörigen Gattung z. B. insofern, daß, wenn eine Art in ihrer Lebensdauer variiert, sie auch einer Gattung angehört, deren Arten verschiedene Lebensverhältnisse zeigen, und umgekehrt, daß bei einer in ihren Spezies nicht variierenden Gattung sich auch keine in ihren Individuen variierende Art findet. Das gleiche Verhältnis zeigt sich bei den Gattungen einer Familie.

Obwohl in einer Familie die Lebensdauer sehr verschieden sein kann, gibt es doch

1. Familien, deren Gattungen durchwegs Spezies haben, die Stauden sind: Nymphaeaceen, Orchideen, Hydrocharideen, Colchicaceen und
2. Familien, deren Glieder alle holzig, also Sträucher oder Bäume sind: Magnoliaceen, Anonaceen, Acerineen, Celastrineen, Rhamneen, Amygdaleen, Pomaceen, Oleaceen, Cupuliferen, Salicineen, Coniferen u. a.

Im Gegensatz hierzu steht eine überwiegende Mehrzahl von Familien, deren Vertreter sich durch sehr verschiedene Lebensdauer und Vegetationsweise auszeichnen: Leguminosen, Compositen, Labiaten und Urticaceen. Daß wir bei den Ordnungen und den noch höheren Abteilungen des Pflanzenreiches eine noch größere Verschiedenheit finden, darf wohl nach dem Gesagten nicht wundernehmen. Trotzdem kann sich aber bis zu einem gewissen Grade eine gewisse Einheitlichkeit auch hier offenbaren. So zeichnen sich die Pflanzen, die in der Stammesgeschichte am tiefsten stehen und phylogenetisch zu den ältesten gehören, die Thallophyten, zumeist durch zarten Bau und Kurzlebigkeit aus. Bei den höheren Kryptogamen entwickeln sich holzige Stämme oder ausdauernde Rhizome und Langlebigkeit. Bei den Gymnospermen gelangen der holzige Stamm und die lange Lebensdauer zur Alleinherrschaft. Auch bei den Monokotylen

1) Hildebrand, F., l. c.

herrscht noch unter den Palmen und Stauden Langlebigkeit vor, während kurzlebige Einjährige verhältnismäßig selten sind.

So gelangen wir nach dem Gesagten zur Einsicht, daß die Verwandtschaft der Pflanzen sich auch in der Lebensdauer der Pflanze spiegeln kann, aber durchaus nicht muß. Dieses Ergebnis darf nicht überraschen, da es sich ja um ein physiologisches Merkmal handelt, das mit der Lebensweise oft auf das innigste zusammenhängt und wie diese auch bei Nahverwandten wechselt.

E.

Ungleiche Lebensdauer der beiden Geschlechter.

Lebt die männliche Pflanze ebenso lange wie die weibliche? Von vornherein wäre man bei einjährigen Pflanzen geneigt, anzunehmen, daß die männliche früher abstirbt, denn wenn sie ihren Pollen entwickelt und die Befruchtung der weiblichen Blüten bewerkstelligt hat, so ist ja ihre Aufgabe erfüllt und eine weitere Vegetation des Individuums unnötig. Die weibliche Pflanze hat hingegen noch für die Ausbildung der Früchte zu sorgen, sie bedarf dazu ihrer Assimilationsorgane, der Blätter, und muß aus diesem Grunde ihr Leben noch bis zur vollständigen Reife ihrer Früchte ausdehnen.

Bei manchen Tieren[1]) verhält sich die Sache wirklich so. Die Männchen der merkwürdigen kleinen Bienenschmarotzer, der Strepsipteren oder Fächerfliegler leben nur 2—3 Stunden im reifen Zustande, während die flügellosen, madenartigen Weibchen erst nach 8 Tagen absterben. Die Lebensdauer des Weibchens ist also hier 64mal länger als die des Männchens.

Die Männchen der Reblaus (Phylloxera vastatrix) leben viel kürzer als die Weibchen. Ähnlichen Verhältnissen begegnet man bei den Rädertierchen, bei manchen Copepoden (niederen Krustern), bei Cirripedien, bei Bienen und Ameisen. Weitere Beispiele aus dem Tierreich siehe bei Korschelt[2]). Auffallenderweise ist diese Frage bei Pflanzen meines Wissens bisher noch nicht untersucht worden, ich habe wenigstens darüber keine einschlägigen Angaben vorgefunden.

Genauer habe ich die Sache beim Hanf, Cannabis sativa, verfolgt. Am 2. Juni 1918 wurden in einem Garten etwa 100 Hanfsamen ausgesät und gepflegt. Die Sämlinge wuchsen gut heran, blühten im Juli und August, allein Mitte August begannen die Männchen zu vergilben, während die Weibchen noch tief grün waren. Zwischen dem 1.—15. September starben die Männchen, vertrockneten von unten nach oben, wurden strohig, während die Weibchen fast durchwegs noch grün waren und erst Ende September oder Anfang Oktober unter Reifung der Samen eingingen. Nach diesem Versuche kann ich sagen, daß die Weibchen des Hanfes um 2—4 Wochen länger leben als die Männchen.

Auch bei der Feldkultur des Hanfs kann man sich leicht überzeugen, daß die Männchen früher absterben als die Weibchen. Nachdem die männlichen Blüten abgestäubt haben, setzt alsbald die Vergilbung der Blätter und des Stengels ein, er wird strohig, während die Weibchen noch viel

1) Weismann, A., Über die Dauer des Lebens, l. c. p. 83.
2) Korschelt, E., Lebensdauer, Altern und Tod, l. c. p. 361—363.

länger tief grün und am Leben bleiben. Bei Villach in Kärnten sah ich am 20. August auf den Feldern die Männchen in großer Zahl schon abgestorben, die Weibchen aber in voller Üppigkeit. An der Zwitterblüte vieler Pflanzen kann man gleichfalls beobachten, daß die männlichen Organe, d. h. das Androeceum, früher abstirbt als die dem Gynoeceum angehörende Narbe und der Griffel. Beispiele hierfür sind die Glockenblume Campanula und der Storchschnabel Geranium.

Nicht unerwähnt will ich lassen, daß die unfruchtbaren Blüten von Hydrangea aspera die fruchtbaren längere Zeit überleben. Die Perianthblätter der unfruchtbaren Blüten werden an der morphologischen Oberseite grün, an der Unterseite, die sich später nach oben wendet, rot.

Ginkgo ist ein zweihäusiger Baum. Solange dieser noch keine Geschlechtsorgane erzeugt, ist es bisher noch nicht gelungen, Männchen von Weibchen zu unterscheiden[1]), doch fiel mir in Japan[2]) und in Europa auf, daß die beiden Geschlechter sich durch ungleichzeitigen Blattfall und Blattaustrieb unterscheiden. Die Männchen treiben in der Regel um eine Woche früher aus und werfen dementsprechend auch ihre Blätter im Herbste früher ab als die Weibchen. Der botanische Garten in Wien besitzt einen großen männlichen Ginkgo, auf den vor Jahren ein weibliches Reis gepfropft wurde, aus dem sich im Laufe der Zeit ein mächtiger, reichlich fruchttragender Ast entwickelt hat. An diesem Baume kann man jeden Herbst mit besonderer Deutlichkeit den Zeitunterschied im Austreiben und Blattfall beobachten. Wenn im Herbste der männliche Baum schon seine Blätter abgeworfen hat, trägt der weibliche Ast noch sein Laub. Die Abbildung (Fig. 14), die ich Herrn Prof. Dr. R. Wettstein verdanke, gibt eine deutliche Vorstellung davon.

Heinricher[3]) berichtet über einen Ginkgobaum von 3 m Höhe im Innsbrucker botanischen Garten, auf den er nach Entfernung des Gipfelsprosses einen aus Würzburg bezogenen männlichen Sproß als neuen Gipfel pfropfen ließ. Ob die Unterlage weiblich war, wird nicht gesagt. In Übereinstimmung mit meinen Beobachtungen findet Heinricher, daß der aufgesetzte männliche Sproß stets früher austrieb als die Unterlage, aber gegen die Erwartung auch länger belaubt blieb. Es ist möglich, daß, wie dies so häufig bei Pfropfungen der Fall ist, die Pfropfstelle infolge des unregelmäßigen Verlaufes ihrer Gewebe an der Verwachsungsstelle eine Hemmung für den absteigenden Assimilatenstrom wie bei einer Ringelung darstellt, das Reis daher ausgezeichnet ernährt wird[4]) und infolgedessen auch die Blätter länger grün und lebendig bleiben.

Von besonderem Interesse ist auch die von Correns festgestellte Tatsache, daß das Geschlechtsverhältnis der zweijährigen, getrenntgeschlechtigen Doldenpflanze Trinia glauca kurz vor der Blüte 1 : 1, und daß vor der Blüte die Sterblichkeit der Männchen und Weibchen gleich groß befunden wird, daß aber mit Beginn der Blütezeit fast alle Männchen durch Abfaulen am Wurzelkopf meist lange

---

1) Über die verschiedenen Angaben, wie und ob man männliche von weiblichen Ginkgo-Bäumen unterscheiden kann, vergleiche: Herzfeld Stephanie, Beiträge zur Kenntnis von Ginkgo. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 66, 1927, p. 817—818.

2) Molisch, H., Im Lande der aufgehenden Sonne. Wien 1927, p. 347.

3) Heinricher, E., Ein anschauliches Beispiel für die Stetigkeit individueller Eigenschaften. Ber. d. deutsch. botan. Ges., Bd. XLV, 1927, p. 207.

4) Molisch, H., Pflanzenphysiologie a. Th. d. G. l. c. p. 246.

vor dem Abblühen absterben, während von den Weibchen nur wenige zugrunde gehen. Die Zahl der sterbenden Männchen verhält sich zu den sterbenden Weibchen wie 19 : 1 und dieses Verhältnis bleibt während der ganzen Blütezeit so ziemlich das gleiche.

Fig. 14. Ginkgo biloba im botanischen Garten zu Wien am 12. November 1916. Männlicher Teil des Baumes schon entlaubt. Weiblicher Ast + noch grün belaubt.

Die die Männchen in so verheerender Weise vernichtende Krankheit beruht nach Correns[1]) sicher auf einer Infektion, die ein Abfaulen der Wurzel und das Vertrocknen des blühenden Haupttriebes und der zwischen

1) Correns, C., Die Absterbeordnung der beiden Geschlechter einer getrenntgeschlechtigen Doldenpflanze (Trinia glauca). Biolog. Zentralbl. 1919, Bd. 29, p. 105.

den grundständigen Blättern hervorkommenden Seitentriebe zur Folge hat. Der Erreger der Infektion ist noch unbekannt.

Wenn die Männchen der Ansteckung leichter zum Opfer fallen und früher sterben als die Weibchen, so muß wohl zwischen den beiden Geschlechtern ein konstitutioneller Unterschied wahrscheinlich chemischer Natur vorhanden sein, wie er ja bereits auch für manche getrennt geschlechtliche Tiere nachgewiesen worden ist. Es wird meiner Meinung nach speziell auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen wahrscheinlich einmal gelingen, chemische Differenzen zwischen den beiden Geschlechtern auch anderer Gewächse aufzufinden, denn derartige gestaltliche Unterschiede, wie sie sich im Bau der Blüte diözischer Pflanzen einer Art offenbaren, dürften wohl mit entsprechenden chemischen Verschiedenheiten Hand in Hand gehen.

Auf eine auffallende Empfindlichkeit der männlichen Pflanzen gegen Frost machte Weber[1]) aufmerksam. Die Männchen der getrennt geschlechtlichen Datisca cannabina erfrieren alljährlich im Herbste beim ersten leisesten Frost, während die Weibchen, die zu dieser Zeit ihre Früchte zu reifen beginnen, die Männchen stets um viele Wochen überleben. Er erwähnt ausdrücklich, daß die männlichen Stöcke keineswegs früher einziehen, sondern der gesteigerten Frostempfindlichkeit unterliegen.

Bei gewissen Laubmoosen, z. B. den diözischen Polytrichum-Arten, erreichen die Blätter der weiblichen Pflanzen eine kürzere Lebensdauer als die männlichen. Die der Weibchen sterben nach Ausbildung des Sporogoniums ab, sie bleiben nur ein Jahr am Leben, während die der Männchen 2 Jahre lebendig bleiben.

Ein frühzeitiger Tod kann sich auch, wie de Vries[2]) vor kurzem gezeigt hat, einstellen, weil ein wichtiges, zum Leben notwendiges Merkmal nicht vererbt wird und daher ausbleibt. Obwohl dieser Fall sich nicht auf diözische Pflanzen bezieht und strenge genommen nicht hierher gehört, sei er doch hier berührt. Manche Pflanzen erzeugen Keimlinge, deren Samenläppchen weiß oder gelb bleiben, anstatt zu ergrünen. Sie erzeugen entweder kein Chlorophyll oder nur so wenig, daß sie nicht imstande sind, weitere Blätter zu entfalten und daher bald zugrunde gehen. Man kann diese Erscheinung auf Äckern, aber auch in Massenaussaaten in Gärten bei gewissen Pflanzen beobachten.

Folgende von de Vries herrührende Tabelle gibt einen Überblick über den Prozentsatz an gelben und weißen Keimlingen bei

Antirrhinum majus	bis zu	6%
Clarkia pulchella	„ „	13%
Papaver rhoeas	„ „	30%
„ rupifragum	„ „	30%
Polygonum fagopyrum.	„ „	12%
Scrophularia nodosa	„ „	15%
Trifolium incarnatum	„ „	6%
Chrysanthemum segetum . . .	„ „	13%
Linaria vulgaris	„ „	25%
Trifolium pratense	„ „	13%

Nach unten reicht der Prozentgehalt bis zu 1—2% herab.

---

1) Weber, F., Der natürliche Tod der Pflanzen. Naturwissenschaftl. Wochenschrift 1919, p. 468.

2) de Vries, H., Über erbliche Ursachen eines frühzeitigen Todes. Die Naturwissenschaften 1919, p. 217.

Verschiedene Erwägungen führten DE VRIES zu dem Schlusse, daß gewisse, für die Entwicklung unerläßliche Eigenschaften auf demselben Wege wie andere Mutationen verloren gehen können und dann Rassen entstehen, die zu einem Viertel oder gelegentlich sogar zu zwei Vierteln frühzeitig absterbende Keimlinge bilden.

Soviel über einjährige und mehrjährige Pflanzen. Wie sich vieljährige diözische Gewächse bezüglich der Lebensdauer der beiden Geschlechter verhalten, ob z. B. die weibliche Eiche, Weide, Pappel und der Ginkgo länger leben oder die gleiche Lebensdauer haben als die entsprechend männlichen Individuen, ist nicht bekannt; es wäre aber empfehlenswert, diesen Gegenstand genauer zu verfolgen.

F.

Die Lebensdauer von Organen.

1.

Die Blütendauer.

Die Blüte der Angiospermen ist ein metamorphosierter, bestimmten Aufgaben angepaßter Sproß, der gewöhnlich aus sehr verschiedenen Organen besteht. Diese können eine sehr verschiedene Lebensdauer haben, indem das eine früher abstirbt als das andere. Die Kelchblätter der Papaveraceen sind bekanntlich sehr vergänglich, fallen sehr bald ab, kurze Zeit darauf die Korollblätter und dann die Staubblätter. Bei den Primeln dagegen wird die Blumenkrone samt den Staubblättern relativ bald abgestoßen, während die Kelchblätter sich monatelang lebend erhalten können. Es ist also nicht leicht, präzis zu sagen, wie lange die Lebensdauer der Blüte währt, da sich ihre einzelnen Teile in diesem Punkte sehr mannigfaltig verhalten. Wenn daher im folgenden von der Blütendauer dennoch die Rede ist, so ist unter Lebensdauer die Zeit zu verstehen, die vom ersten Öffnen bis zum dauernden Schluß, Abfallen oder Absterben wesentlicher Teile (Blütenhülle, Staubblätter) verfließt.

So gefaßt, beträgt die Dauer der Blüten verschiedener Pflanzen 3 Stunden bis 3 Monate. Die kurzlebigsten stellen die sogenannten ephemeren Blüten dar. v. KERNER[1]) hat in der folgenden Tabelle für eine Reihe von „Eintagsblütlern" die Stunde des Öffnens und jene des Schließens zusammengestellt.

Name der Pflanze	Öffnet sich um	Schließt sich um
Allionia violacea	3—4 vorm.	11—12 vorm.
Roemeria violacea	4—5 „	10—11 „
Cistus Creticus	5—6 „	5—6 nachm.
Tradescantia Virginica	5—6 „	4—5 „
Iris arenaria	6—7 „	3—4 „
Hemerocallis fulva	6—7 „	8—9 „
Convolvulus tricolor	7—8 „	5—6 „
Oxalis stricta	8—9 „	3—4 „
Hibiscus trionum	8—9 „	11—12 vorm.
Erodium Cicutarium	8—9 „	4—5 „

1) KERNER, v., l. c. p. 208.

Name der Pflanze	Öffnet sich um		Schließt sich um	
Portulaca grandiflora	8—9	vorm.	6—7	nachm.
Calandrinia compressa	9—10	„	1—2	„
Drosera longifolia	9—10	„	2—3	„
Arenaria rubra	10—11	„	3—4	„
Portulaca oleracea	10—11	„	3—4	„
Spergula arvensis	10—11	„	3—4	„
Sisyrinchum anceps	11—12	„	4—5	„
Mirabilis longiflora	7—8	abds.	2—3	vorm.
Cereus grandiflorus	8—9	„	2—3	„
Cereus nycticalus	9—10	„	2—3	„

Ordnet man die genannten ephemeren Blüten nach der Zeitdauer, während welcher sie offen bleiben, so ergibt sich:

Name der Pflanze	Stunden
Hibiscus trionum	3
Calandrinia compressa	4
Portulaca oleracea	5
Drosera longifolia	5
Arenaria rubra	5
Spergula arvensis	5
Cereus nycticalus	5
Sisyrinchum anceps	5
Roemeria violacea	6
Oxalis stricta	7
Mirabilis longiflora	7
Cereus grandiflorus	7
Allionia violacea	8
Erodium Cicutarium	8
Iris arenaria	9
Convolvulus tricolor	10
Tradescantia Virginica.	10
Portulaca grandiflora	10
Cistus Creticus	12
Hemerocallis fulva	14

Ephemere Blüten öffnen sich, wie aus der Tabelle erhellt, entweder zwischen dem Frühmorgen und Mittag oder aber mit eintretender Dämmerung oder der Nacht. Daran reihen sich jene Blüten, die zwischen 5—7 Uhr abends aufgehen, die ganze Nacht und auch den nächsten Vormittag offenbleiben und sich erst gegen Mittag oder Abend, meistens 24 Stunden nach dem Offenbleiben, schließen. Dazu gehören mehrere Arten des Stechapfels und der Nachtkerze, Datura Metel, D. Stramonium, Oenothera biennis, Oe. grandiflora, Morina Persica, Mirabilis Jalappa und Echinocactus Tetani. Die genannten Blüten öffnen und schließen sich nur einmal, es gibt aber auch solche, die sich mehrmals öffnen und schließen und deren Dauer demgemäß auch eine längere ist. Als hierhergehörig seien genannt: Glaucium corniculatum, Gl. luteum, Papaver alpinum, Linum tenuifolium, Rubus idaeus, Potentilla recta und Opuntia nana.

Im folgenden bringe ich eine Tabelle, die ich auf Grund der Angaben von v. Kerner und teilweise eigener Beobachtungen zusammengestellt habe und die Blüten von 2 bis vielen Tagen Dauer enthält.

Name der Pflanze	Blütendauer in Tagen
Centunculus minimus . . .	2
Dianthus prolifer	2
Epilobium collinum	2
Geranium pratense	2
Papaver somniferum . . .	2
Potentilla atrosanguinea . .	2
Rosa arvensis	2
Saponaria vaccaria	2
Sinapis arvensis	2
Veronica aphylla	2
Lonicera caprifolium . . .	3
Potentilla formosa	3
Agrimonia Eupatorium . .	3
Aphyllanthes monspeliensis	3
Galium infestum	3
Helianthemum alpestre . .	3
Lychnis diurna	4
Sagina saxatilis	4
Sedum atratum.	4
Scilla liliohyacinthus . . .	4
Telephium imperati	4
Sanguinaria canadensis . .	4
Escholtzia californica . . .	5
Fritillaria meleagris	5
Scilla sibirica	5
Erythraea centaurium . .	5
Linum viscosum	5
Digitalis purpurea	6
Erythraea pulchella	6
Hemerocallis flava	6
Lilium album	6
Oxalis lasiandra	6
Ranunculus acer	7
Pelargonium zonale	7
Eranthis hiemalis	8
Hepatica triloba	8
Parnassia palustris	8
Saxifraga bryoides	8
Cyclamen europaeum . . .	10
Crocus sativus	12
Saxifraga burseriana . . .	12
Vaccinium oxycoccos . . .	18
Cattleya labiata	30
Vanda coerulea	30
Cypripedium insigne . . .	40
Odontoglossum sp.	40
Dendrobium crassinode . .	42
Epidendrum Lindleyanum .	50
Phalaenopsis grandiflora .	50
Oncidium cruentum . . .	60
Cypripedium villosum . . .	70
Odontoglossum Rossii . . .	80
Phalaenopsis Schilleriana .	90—135[1])

Die Zeit, innerhalb welcher die Blüten verschiedener Pflanzen am Leben bleiben, ist also eine relativ nicht sehr große, sie schwankt, wie bereits bemerkt, zwischen 3 und etwa 2160 Stunden. „Diese auffallende Verschiedenheit“ — sagt v. Kerner mit Recht — „steht mit der Menge des Pollens in den einzelnen Blüten sowie mit der Zahl der Blüten an den einzelnen Stöcken im Zusammenhange und ist auch davon abhängig, ob die Narbe der betreffenden Blüte ausschließlich durch Vermittlung der Insekten mit Pollen versehen wird oder nicht. Blüten mit zahlreichen Pollenblättern und reichlichen Pollen, beispielsweise die des Mohnes, der Cistrosen und des Portulaks, haben immer nur eine kurze Dauer, während umgekehrt diejenigen Blüten, welche nur eine einzige Anthere bergen, wie z. B. die meisten Orchideen, wochenlang frisch bleiben. Wenn die Pflanzenstöcke alljährlich nur eine einzige Blüte entwickeln, wie das Schneeglöckchen (Galanthus), das Wintergrün (Pirola uniflora), die Einbeere (Paris quadrifolia) und die verschiedenen Arten von Trillium, oder wenn die Zahl der Blüten eines Stockes nur auf zwei bis drei beschränkt ist, wie bei dem Frauenschuh (Cypripedium calceolus) und den tropischen Orchideen aus den Gattungen Oncidium, Stanhopea und Cattleya, so bleiben diese vereinzelten oder spärlichen Blüten sehr lange frisch und

1) In Gardeners Chronicle vom 17. Mai 1873 finde ich die Angabe, daß die Blüten von Phalaenopsis Schilleriana von Weihnachten bis 7. Mai, also 4½ Monate, andauerten. Die Pflanze stand nach dem Aufblühen in einem Gewächshaus von 10 bis 13° C, also einer verhältnismäßig niederen Temperatur, die die lange Blütendauer ermöglichte.

geöffnet. Es kann ja der Fall eintreten, daß trotz aller den Blüten zu Gebote stehenden Anlockungsmittel infolge ungünstiger Witterungsverhältnisse wochenlang keine Insekten angeflogen kommen. Wenn nun die Blüte so organisiert ist, daß bei dem Ausbleiben pollenbringender Insekten auch die Entwicklung keimfähiger Samen unterbleiben muß, so wäre bei kurzer Dauer des Blühens der Erfolg, welcher mit dem Blühen angestrebt ist, in Frage gestellt, und es könnte daher kommen, daß der einblütige oder armblütige Pflanzenstock in einem Jahre gar keine Samen zutage förderte. Daraus geht aber auch hervor, daß es für solche Blüten sehr vorteilhaft ist, wenn sie möglichst lange ausharren. Je länger sie offen und frisch bleiben, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß dann doch einmal Insekten mit den Pollen anderer Stöcke beladen anrücken."

Werden aber im Laufe des Jahres an einem Stocke viele Blüten von kurzer Dauer entwickelt, so kann, zumal wenn diese sich nicht gleichzeitig, sondern nacheinander öffnen und neben der Kreuzbefruchtung auch Selbstbefruchtung möglich ist, dasselbe erreicht werden, denn dann ist die Wahrscheinlichkeit für Befruchtung und Samenbildung gleichfalls sehr groß. Ein ausgezeichnetes Beispiel dafür ist die perenne Tradescantia virginica. Diese entwickelt Eintagsblüten ununterbrochen durch 2 Monate hindurch, jeden Tag öffnen sich neue Blüten, die sich aber schon am Nachmittag schließen.

2.

Die Blattdauer.

Verglichen mit den Blüten leben die Laubblätter viel länger; aber verglichen mit der Dauer des Individuums erscheint ihr Leben, abgesehen von jenen Fällen, wo das Absterben des Blattes beiläufig mit dem des Individuums zusammenfällt, ziemlich oder auffallend kurz. Leider liegen über das Alter der Blätter nicht viele Beobachtungen vor[1]) und es ist bezeichnend, daß in dem Werke von Hansgirg[2]), das doch der Blattbiologie gewidmet ist, die Lebensdauer des Blattes mit keinem Worte berührt wird. Das Wenige, das ich in der Literatur vorfand, sei, mit eigenen Erfahrungen verknüpft, im folgenden zusammengestellt.

Die Blätter einjähriger Pflanzen erreichen im günstigsten Falle das Alter der Mutterpflanze, also gewöhnlich nur ein Alter von einer Vegetationsperiode, d. h. von mehreren Monaten. Dies gilt sowohl für niedere als auch für höhere Gewächse. Die Blätter der Moose bleiben meist nur eine Vegetationsperiode am Leben, dann sterben sie meist unter Braunwerden ab.

Auch bei den Farnen (Filicinae) gibt es zahlreiche Arten, deren Blätter innerhalb einer Vegetationsperiode ihr Dasein vollenden, auch die Wedel von Pteris aquilina sind sommergrün, aber die der Baumfarne sind mehrjährig.

Die Equiseten leben mit ihren oberirdischen grünen Organen häufig nur eine Vegetationsperiode und diese gehen dann samt ihren scheidenartigen Blättern zugrunde. Auch bei Equisetum hiemale finde ich die

1) Hoffmann, H., Über Blattdauer. Botan. Ztg. 1878, p. 705 u. 721.
Kraus, G., Die Lebensdauer der immergrünen Blätter. Sitzungsber. d. Naturforschenden Gesellschaft zu Halle, 8. Mai 1880.
May, K. J., Die Lebensdauer der Nadeln bei einigen immergrünen Nadelhölzern. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1894, p. 648—660.

2) Hansgirg, A., Phyllobiologie, Leipzig 1903.

Blätter am Beginne der zweiten Vegetationsperiode, wenn der Stengel noch lebt, bereits tot.

Die Blätter von Marsilia quadrifolia, den meisten Selaginella-Arten unserer Gewächshäuser, von Ophioglossum vulgatum und einheimischen Botrychium-Arten leben nur 1 Jahr oder eine Vegetationsperiode.

Über die Gymnospermen siehe die folgende Tabelle.

Die Monokotylen bilden Blätter von sehr verschiedener Dauer. Bei zahlreichen Zwiebelgewächsen, Hyazinthus, Tulipa, Narcissus, Fritillaria, Galanthus, Leucojum, Gagea, Scilla und Ornithogalum erscheinen die Blätter zeitlich im Frühjahr, Blühen und Fruchten folgen alsbald darauf und bevor der Same erscheint, liegen die Blätter bereits vergilbt oder vertrocknet am Boden. Das maximale Alter solcher Laubblätter beträgt oft nur ein bis wenige Monate, ja Amaryllis lucida benötigt nach Griesebach[1]) nur 10 Tage, um Blätter und Blüten zu entwickeln und die Samen zu reifen.

Das andere Extrem finden wir bei zahlreichen Palmen, deren Blätter oft mehrjährig sind. Wenn man bedenkt, daß die Palmenblätter ganz außerordentliche Größen erreichen können, zu deren Aufbau eine große Menge von Baustoffen notwendig ist, so erscheint es begreiflich, daß auch die Lebensdauer solcher Organe länger währt und daß die Pflanze sich ihrer nicht so rasch entledigt. Dracaena, Yucca, Aloë, Agave, Pandanus und andere monokotyle Gattungen haben oft 2—3jährige Blätter, vielleicht noch ältere. An genaueren Daten fehlt es ganz, es wäre daher eine dankenswerte Aufgabe, eine systematische Untersuchung über die Blattdauer monokotyler Gewächse anzustellen. Etwas besser sind wir daran bei den Dikotylen. Hoffmann, dem wir einen kleinen Beitrag über das Alter immergrüner Blätter bei etwa ½ Dutzend Pflanzen verdanken, hat im Gießener botanischen Garten die jungen, sich eben entwickelnden Blätter von Glashauspflanzen durch kleine Stanniolplättchen, die mit Fäden am Blattstiel befestigt wurden, bezeichnet und dann die Zeit beobachtet, bis Vergilbung oder Abfall des Blattes eingetreten war.

Kraus hat gelegentlich einer Reise in Italien das Alter der Blätter zahlreicher immergrüner Pflanzen aus dem Alter der Zweige, an dem sich die Blätter befanden, erschlossen. Bekanntlich läßt sich sowohl bei vielen Nadel- als auch bei Laubhölzern das Alter der Zweige schon äußerlich beurteilen, weil die einer Vegetationsperiode entsprechenden Zuwachsstücke stockwerkartig aneinander gereiht sind und sich durch satzweise verschiedene Zweigdicke, Verschiedenheit der Rindenfärbung der einzelnen Jahrestriebe, durch die von den Knospenschuppennarben herrührende Ringelung oder durch die gedrängte Blattstellung am Beginne des Jahres zu erkennen geben. Fehlen solche Kennzeichen, dann kann das Alter, wenn es sich um Dikotyle handelt, auch durch die Zählung der Jahresringe festgestellt werden. Bei Monokotylen muß man allerdings auf dieses letzte Mittel verzichten, da es hier Jahresringe nicht gibt.

Auf einen Punkt sei noch besonders aufmerksam gemacht, der bisher meines Wissens nicht beachtet wurde. Wenn von der Dauer des Blattes die Rede ist, so nimmt man, wie dies auch im folgenden geschehen ist, stillschweigend an, daß das Blatt bei der Entfaltung der Laubknospen seinen Lebenslauf beginnt und mit dem Abfallen abschließt. Beides ist aber nicht ganz richtig; denn das künftige Blatt nimmt ja schon seinen Aus-

1) Griesebach, A., Pflanzendecke der Erde, II, p. 96.

gangspunkt knapp unter dem Vegetationspunkt, entwickelt sich dann zum Knospenblatte, verharrt in diesem Zustande bei unseren Holzgewächsen bis zum nächsten Frühjahre, um schließlich auszutreiben. Ein konkretes Beispiel: Der Flieder entwickelt seine Laubknospen schon kurze Zeit nach dem Austreiben und die die Knospe aufbauenden, auf einem jugendlichen Stadium lange Zeit verharrenden jungen Blättchen überwintern und gelangen erst im nächsten Jahre zu vollkommener Entwicklung. Ein solches Blatt lebt also nicht eine, sondern zwei Vegetationsperioden. Dazu kommt, daß das spontan im Herbste vergilbte oder unvergilbt sich lösende Blatt gewöhnlich nicht tot abfällt, sondern erst am Boden meist durch Vertrocknen abstirbt. Um also die Blattdauer richtig abzuschätzen, muß man sich dieser beiden eben erwähnten Tatsachen bewußt bleiben. Desgleichen, daß es sich bei der Bestimmung der Blattdauer nicht um starre, unverrückbare Zahlenwerte, sondern um bis zu einem gewissen Grade schwankende handeln kann. Zeigen ja doch schon die Blätter eines Individuums, ja selbst die eines und desselben Zweiges eine verschiedene Lebensdauer und in noch viel höherem Grade verschiedene Individuen, selbst wenn sie anscheinend denselben äußeren Bedingungen unterworfen sind. Es läßt sich auch leicht beobachten, daß kurze, horizontale oder schiefe Lorbeerzweige ein- oder zweijährige, die langen, rutenförmigen und vertikal emporstrebenden Sprosse aber 4—5jährige Blätter tragen.

Blätter von Wasserschößlingen werden gewöhnlich älter, Blätter junger Pflanzen haben eine längere Blattdauer als alte, Kiefernnadeln erhalten sich im Lichte länger als im Schatten; im letzteren Falle scheint mir die Ernährung eine bedeutende Rolle in dem Sinne zu spielen, daß die bessere Ernährung auch eine längere Blattdauer nach sich zieht, dies um so mehr, als später noch durch Versuche gezeigt werden wird, daß man durch reichliche Ernährung die Lebensdauer der Keimblätter auffallend verlängern kann.

Eine Verschiebung der Lebensdauer der Nadeln geht nach den Beobachtungen von Zederbauer[1]) auch mit der Änderung der klimatischen Verhältnisse Hand in Hand. Fichten behalten ihre Blätter im Gebirge länger als in der Ebene. Aus beistehender Tabelle geht hervor, wie die mittlere Lebensdauer der Nadeln einiger Koniferen mit der Seehöhe zunimmt.

In einer Seehöhe von m	bleiben die Nadeln von			
	Picea excelsa	Pinus silvestris	Pinus austriaca	Pinus montana
	Jahre			
230 (Mariabrunn)	4—6	2—3	2—4	4—5
600 (Puchberg am Schneeberg)	7—8	4—5	4—6	
1400 (Schneeberg, N.-Ö.)	9			7
1750 (Schneeberg, N.-Ö.)	10—13 (Buschform)			8—11

1) Zederbauer, E., Beiträge zur Biologie der Waldbäume. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen, 42. Jahrg. Wien 1916, p. 339.

Die Ansicht Zederbauers, daß die Verlängerung der Lebensdauer der Nadeln bei Verkürzung der Vegetationsdauer eine Anpassung an das Klima und eine sehr ökonomische Einrichtung dafür sei, das Licht für die Assimilation möglichst auszunützen, klingt plausibel.

Schon nach dem Gesagten wird es wahrscheinlich, daß Koniferen, die aus verschiedenen Klimaten stammen, sich auch in der Lebensdauer der Nadeln unterscheiden dürften, da ja auch andere, einem bestimmten Standort angepaßte Eigentümlichkeiten erblich festgehalten werden (Cieslar[1]). Dies ist nun nach Zederbauer tatsächlich der Fall. Er konnte an den Versuchen mit Fichten aus verschiedenen Klimaten, die Cieslar im Wiener Walde (Loimanshagen) ausführte, folgendes beobachten. Die Lebensdauer der Fichtennadel aus

Finnland		beträgt	durchschnittl.	8 Jahre
Attergau in Ober-Österr.	1380 m	„	„	8—9 „
Achental in Nordtirol	900 m	„	„	6 „
„ „ „	1300 m	„	„	6 „
„ „ „	1600 m	„	„	6 „
Edling bei Wolfsberg in Unterkärnten	460 m	„	„	5 „

Sieht man aber von diesen durch Klima, Standort und anderen Ursachen gegebenen Schwankungen ab, so ist doch die Lebensdauer des Blattes innerhalb gewisser Grenzen eine für jede Art charakteristische.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die beiläufige Blattdauer verschiedener gymnospermer und dikotyler Pflanzen.

Name der Pflanze	Blattdauer in Jahren	Beobachter	Anmerkung
Nadelhölzer			
Cupressus funebris	1—2	Kraus	
„ horizontalis	1—2	Kraus	
Libocedrus decurrens	1—2	Kraus	
Pinus pinea[2]).	2	Kraus	
„ maritima	2	Kraus	
„ canariensis	2	Schacht	
„ silvestris	2 u. mehr	Kraus	
„ „	2—8	Zederbauer	
„ laricio	2 u. mehr	Kraus	
„ „	3—6	Zederbauer	
„ pinsapo	11—15	Kraus	
„ excelsa	1—2	Molisch	
„ cembra.	3—6	Zederbauer	
„ montana	5—13	Zederbauer	
Taxodium sempervirens	2—3	Kraus	
Sequoia sp.	2—4	Kraus	
Juniperus oxycedrus	3—4	Kraus	
Cephalotaxus Fortunei	3—5	Kraus	
Sciadopitys verticillata	2—8	Molisch	

1) Cieslar, A., Vierte Versamml. d. internationalen Verbandes forstl. Versuchsanstalten in Mariabrunn, 1903.

2) Die Lebensdauer der von May*) untersuchten Picea-Arten (P. nigra, rubra, alba, obovata, orientalis, sitkaensis) beträgt 6—7, die der Abies-Arten (A. Nordmanniana, cephalonica, Pinsapo, balsamea, grandis, sibirica) 7—8, die von Pseudotsuga Douglasii 4—6 und die der Pinus-Arten (P. rigida, taeda, ponderosa, Jeffreyi, Strobus, excelsa) 3 Jahre.

*) May, Die Lebensdauer der Nadeln bei einigen immergrünen Nadelhölzern. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1894, p. 648. Zitiert nach Zederbauer, l. c.

Name der Pflanze	Blattdauer in Jahren	Beobachter	Anmerkung
Podocarpus Koraiana	4—7	Kraus	
Taxus baccata	6—8	Kraus	
„ „	8—10	Zederbauer	
Cunninghamia sinensis	8	Kraus	
Abies excelsa	3—5	Kraus	
„ „	4—14	Zederbauer	
„ pectinata	5—10	Kraus	
„ „	5—11	Zederbauer	
„ holophylla	2—5	Molisch	
„ nordmanniana	3—5	Molisch	
Cedrus libani	1—4	Molisch	
Araucaria brasiliensis	15	Kraus	
„ Bidwilli	15	Kraus	
Gnetaceae			
Welwitschia mirabilis	bis 100		
Ephedra tatarica	1	Molisch	
„ procera	1	Molisch	
„ Gerardiana	1	Molisch	
„ campylopoda	1	Molisch	
„ helvetica	1	Molisch	
Dicotyledonen			
Schinus molle	1	Kraus	
Senecio petasites	1	Kraus	
Ficus stipulata	1	Kraus	
Salvia officinalis	1	Kraus	
Arbutus Andrachne	1	Kraus	
Quercus lanata	1	Kraus	
Veronica salicifolia	1—2	Kraus	
Myrsine africana	1—2	Kraus	Blätter gewöhnlich 1-, selten 2- oder mehrjährig
Nerium oleander	1—3	Kraus	
Evonymus japonica	1—2	Kraus	
Eriobotrya	1—3	Kraus	
Photinia	1—4	Kraus	
Ilex Perado	1—2	Kraus	
Philyrea angustifolia	1—2	Kraus	
Persea gratissima	1—2	Kraus	
Magnolia grandiflora	1—2	Kraus	
Ceratonia	1—2	Kraus	
Eucalyptus globulus	1—2	Kraus	
Olea europaea	2	Hoffmann	
Prunus laurocerasus	1—3	Kraus	Blätter 1- und 2jährig, gleich häufig
„ lusitanica	1—3	Kraus	
Arbutus unedo	1—2	Hraus	
Ligustrum japonicum	1—3	Kraus	
Cocculus laurifolius	2	Kraus	
Mahonia aquifolium	1—3	Kraus	
„ Fortunei	1—3	Kraus	
Pittosporum undulatum	1—2	Kraus	
Rhamnus alaternus	1—2	Kraus	
Grevillea robusta	1—2	Kraus	
Camphora	1—2	Kraus	
Erica arborea	1—5	Kraus	
Laurus nobilis	4	Kraus	

Name der Pflanze	Blattdauer in Jahren	Beobachter	Anmerkung
Quercus ilex	1—4	Kraus	Blätter regelmäßig 2-, häufig 3—4jährig
„ suber	1—3	Kraus	
Rosmarinus officinalis	2—3	Kraus	
Melaleuca hypericifolia	2—3	Kraus	
Pittosporum tobira	3—5	Kraus	
Pistacia lentiscus	3—5	Kraus	
Ilex aquifolium	2—4	Kraus	
„ „	2	Hoffmann	
Hackea acicularis	3—5	Kraus	
Vaccinium vitis idaea	1—2,4	Hoffmann	
Rhododendron ponticum	1—2	Hoffmann	
Hedera helix	1—2,3	Hoffmann	
Prunus laurocerasus	1,5	Hoffmann	
Eugenia capparidifolia	2—5	Molisch	
„ australis	1—2	Molisch	
Camellia japonica	2	Molisch	
Pittosporum undatum	2—4	Molisch	
Pseudopanax crassifolium	3—4	Molisch	
Callistemon violaceum	3—5	Molisch	

Anschließend seien noch einige Beobachtungen über das Alter der Blätter immergrüner Pflanzen mitgeteilt, die ich während meines mehrjährigen Aufenthaltes in Japan zu machen Gelegenheit hatte[1]).

Maximales Alter der Blätter:

Ligustrum japonicum	2	Jahre
Ilex crenata	2	„
Quercus sp.	2	„
Aucuba japonica	2—3	„
Thea Sasanqua	2	„
Evonymus japonicus	1—2	„
Thea japonica	2	„
Viburnum odoratissimum	2	„
Lomaria japonica	2	„
Ilex latifolia	3	„
Cryptomeria japonica	4	„
Pinus densiflora	2	„
Pasania sp.	4	„
Illicium anisatum	2—4	„
Torreya nucifera	5	„
Litsea japonica	5—7	„
Osmanthus aquifolium	5	„
Sciadopitys verticillata	8	„
Abies firma	15	„

Überschaut man die in der Tabelle niedergelegten Beobachtungen, so ergibt sich folgendes:

Die längste Blattdauer besitzen die Blätter der Welwitschia mirabilis[2]). Sie beträgt im Maximum etwa 100 Jahre. Daran reihen sich zunächst die Blätter der Nadelhölzer und unter diesen wären in erster Linie die mit einzelstehenden flachen Nadeln versehenen Taxineen, Abietineen und die Gattungen Araucaria und Cunninghamia zu nennen.

1) Molisch, H., Pflanzenbiologie in Japan auf Grund eigener Beobachtungen. Jena 1926, p. 214.

2) Hooker, Transaction of the Lin. Soc. Vol. 24.

Unter den Cupressineen nehmen Juniperus und unter den Abietineen Sequoia und gewisse mit Nadelpaaren versehene Pinus-Arten mit einer 2—3- oder 4—5jährigen Blattdauer eine mittlere Stellung ein. Verhältnismäßig kurzlebig unter den Koniferenblättern sind die von Cupressus und Libocedrus.

Kurzlebiger als die Nadelholzblätter sind die flächenhaften Blätter der Dikotylen. Hackea, Laurus, Quercus ilex, Pistacia, Callistemon und Pittosporum weisen eine Blattdauer bis zu 5 Jahren auf, dann kommen solche, jedoch nicht sehr häufig, mit 3—4 Jahren. Den häufigsten Fall aber repräsentieren dikotyle Blätter mit einjähriger Dauer, nicht selten mit einer Neigung zur zweijährigen.

Nicht unerwähnt bleibe, daß sich verschiedene Laubholzarten auch hinsichtlich des Eintretens der Belaubung oft ganz auffallend voneinander unterscheiden. Die Beobachtung eines Mischwaldes im Frühjahr zur Zeit des Laubausbruches läßt dies deutlich erkennen. Ja selbst bei ein und derselben Pflanzenart, z. B. bei der Buche oder, wie ich mich oft überzeugte, bei der Roßkastanie und der Linde, kann man beobachten, daß einzelne Individuen unter gleichen Standortsverhältnissen nicht zur selben Zeit austreiben, sondern die einen früher, die anderen später, und daß sie diesen Rhythmus jedes Jahr in gleicher Weise einhalten. Da die Nachkommen solcher Pflanzen sich im Früher- oder Späteraustreiben wieder wie die Eltern verhalten, handelt es sich wohl hier um eine erbliche Eigenschaft[1]).

Im allgemeinen läßt sich, von Ausnahmen abgesehen, sagen, daß die Blätter, verglichen mit dem hohen Alter von Sträuchern und Bäumen, von relativ kurzer Lebensdauer sind. Ich werde auf diesen Punkt gleich eingehen und versuchen, dafür eine plausible Erklärung zu geben.

Obwohl die relativ kurze Lebensdauer der meisten Blätter eine allgemein bekannte Erscheinung ist, hat man sich bisher um ihre Ursachen so gut wie nicht gekümmert. Warum fallen die Blätter, wenn sie ein gewisses Alter erreicht haben, ab? Oder warum gehen sie, auch wenn sie nicht mit einer Trennungsschicht abgestoßen werden, gewöhnlich nach der ersten Vegetationsperiode zugrunde? Ist ihr Tod ein lediglich durch äußere Ursachen bedingter oder unterliegen sie einem natürlichen Tod?

3.

Die fortgesetzte Steigerung des Aschengehaltes als Mitursache des Todes der Blätter.

Das von den Wurzeln aufgenommene Bodenwasser steigt samt den darin gelösten Mineralsalzen im Stamme auf, tritt in die Baumkrone und in die hier vorhandenen Blätter über. Die Blätter transpirieren, geben das Wasser in Dampfform ab, während die Mineralsalze im Blatte zurückbleiben. Dasselbe gilt auch von den krautigen Pflanzen.

Da sich die Transpiration, wenn die Luft gerade nicht mit Wasserdampf gesättigt ist, stets vollzieht, und da im Laufe einer Vegetationsperiode ganz kolossale Wassermengen und zwar viel größere als durch die übrigen Organe der Pflanze von den Blättern abgegeben werden, so muß sich dementsprechend nach und nach eine bedeutende Ansamm-

1) Raunkiaer, Bot. Tidskr. 36, 1918. On leaftime in the descendants from beeches with different leaftimes.

lung von Mineralsalzen einstellen, d. h. die Blätter müssen, selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß die unverbrennlichen Stoffe nicht in dem Maße aus den Blättern auswandern als sie einwandern, mit der Zeit immer aschenreicher und schließlich die aschenreichsten Organe der Pflanze werden. Dieser Gedankengang wird durch die Aschenanalysen der Blätter vollauf bestätigt.

So ergibt sich der viel größere Aschengehalt ausgewachsener Blätter gegenüber den zugehörigen grünen und weniger transpirierenden Stengeln aus folgenden Zahlen:

	Reinasche in der Trockensubstanz		
	Blätter %	Stengel %	
Lupinus luteus	6,06	3,86	nach Wolffs, Aschenanalysen[1])
Brassica rapa	20,84	9,18	
Humulus lupulus	13,60	3,74	
Primula farinosa	11,73	5,90	
Nicotiana Tabacum	11,87	7,73	
Anethum graveolens	15,03	9,86	
Gossypium herbaceum	7,86	1,81	

Bei ausgewachsenen Blättern schwankt der Gehalt an Aschensubstanzen in vielen Fällen zwischen 8—12%, bezogen auf der Trockensubstanz. Er kann aber häufig noch viel höhere Werte erreichen[1]):

Solanum tuberosum	18,19—25,77%	Asche
Myosotis arvensis	17,85%	„
Scleranthus annuus	17,20%	„
Urtica dioica	17,82%	„
Ricinus communis	20,11%	„
Beta vulgaris	29,23%	„
Ranunculus repens	18,00%	„
Senecio jacobaea	23,24%	„
Nicotiana tabacum	22,97%	„
Xanthium spinosum	17,97%	„

Überblickt man die vorstehende Tabelle, so sieht man, daß die großen Aschengehalte Pflanzen angehören, die zumeist relativ weiche krautige Blätter haben und stark transpirieren.

Wenn eine Beziehung zwischen der Größe der Transpiration und Aschengehalt bestehen sollte, in dem Sinne, daß starke Transpiration einen größeren Aschengehalt zur Folge hat, so müssen Blätter, die mit Schutzeinrichtungen gegen allzustarke Transpiration versehen sind, wie z. B. die immergrünen Nadeln der Koniferen, einen relativ geringen Aschengehalt besitzen. Auch das ist, wie die folgenden Zahlen zeigen, der Fall.

Der Aschengehalt beträgt in Prozent der Trockensubstanz bei den Nadeln von

Larix decidua	bis 2,48
Pinus silvestris	„ 1,48
„ austrica	„ 1,80[2]).

Und wieder zeigt sich, daß die weicheren, stärker transpirierenden und nur eine Vegetationsperiode ausdauernden Blätter der Lärche mehr

1) Czapek, F., Biochemie der Pflanzen, II. Bd., 1905, p. 781 u. 782.
2) Czapek, F., l. c. p. 785.

Asche enthalten als die mehrere Jahre ausdauernden, wenig transpirierenden Föhrennadeln.

Von Wichtigkeit für meine weiteren Betrachtungen ist ferner die Tatsache, daß der Aschengehalt der Blätter von Holzpflanzen mit dem Alter häufig fortwährend zunimmt. So fand Rissmüller[1]) für den Aschengehalt der Blätter von Fagus silvatica in Prozenten der Trockensubstanz

	26. Mai	26. Juni	26. Juli	25. Aug.	26. Sept.	26. Okt.	7. Nov.
	%	%	%	%	%	%	%
Asche der Trockensubstanz . .	4,67	5,20	7,45	9,03	8,90	10,80	11,42
Frischsubstanz . . .	23,35	40,21	43,64	50,74	47,42	40,37	45,55

Dulk[2]) fand für Blätter einer 20jährigen Buche, die noch nie Früchte getragen hatte:

	26. Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
	%	%	%	%	%	%	%
Trockensubstanz . .	20,76	34,32	36,00	37,66	36,32	37,15	33,63
Reinasche	4,68	3,95	4,78	5,52	5,58	5,91	6,39

Ebermayer[3]) sagt mit Rücksicht auf das Ansteigen der Aschensubstanzen in den Blättern mit zunehmendem Alter: „So nimmt z. B. der gesamte Mineralstoffgehalt derselben mit fortschreitendem Alter zu; stets sind die jungen Blätter im Frühjahr ärmer an Mineralstoffen als das abgestorbene Laub im Herbste.

In den Blättern einer Rotbuche im botanischen Garten in München stieg nach Rissmüller die Aschenmenge vom Frühjahr (Mai) bis zum Herbst (Nov.) von 4,67 bis auf 11,42% der Trockensubstanz; in den Blättern einer etwa 25jährigen Buche in Hohenheim von 3,95 bis auf 6,93%, in den Blättern einer Rotbuche in Aschaffenburg von 5,50 bis auf 9,91%; die Blätter einer Kugelakazie enthielten im Mai 6,25, im Oktober 11,74% Reinasche; in den Blättern einer Birke in Nancy stieg der Aschengehalt vom Mai bis Oktober von 3,84 bis 4,68%; die getrockneten jungen Nadeln einer Schwarzföhre (Pin. austriaca) enthielten im Juni 1,63%, im Oktober 2,25, die 1jährigen Nadeln desselben Baumes hinterließen im Mai 1,81, im Oktober 2,30, die 2jährigen Nadeln im Mai 2,72, im Oktober 2,59, die 3jährigen im Mai 3,12, im Oktober 3,28% Reinasche."

Wenn der absolute Gehalt der Asche mit dem Altern gewöhnlich zunimmt, so soll damit nicht gesagt sein, daß gewisse Aschensubstanzen nicht zeitweise auswandern können. Wir wissen ja auf Grund neuer Versuche von Swart[4]), daß in vergilbenden, also alternden Blättern eine Abnahme von Phosphor und Kali stattfindet, weil die Pflanze diese Verbindungen, die sie in der Natur gewöhnlich nur in sehr geringen Mengen vorfindet, aus den Blättern während des Vergilbens und vor dem Laubfall zurückzieht und sich so wertvolles Material bewahrt. Wenn trotz dieser Auswanderung der Aschengehalt sich mit dem Alter steigert, so ist dies hauptsächlich auf den sich anhäufenden Kalk und die Kieselsäure zurückzuführen, zwei Verbindungen, die im Blatte verbleiben. Der oxalsaure Kalk, einmal in der Pflanze ausgeschieden, verharrt, abgesehen von gewissen Ausnahmen, als Auswurfstoff an Ort und Stelle, der kohlensaure Kalk, mag er Zystolithen, Haare oder sonst welche Zellmembranen in-

1) Rissmüller, Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen. Bd. XVII, p. 17 (1874).
2) Dulk, L., Ebenda, Bd. XVIII (1875), p. 192.
3) Ebermayer, E., Physiologische Chemie der Pflanzen. Berlin 1882, p. 731.
4) Swart, N., Die Stoffwanderung in ablebenden Blättern. Jena 1914, p. 68.

krustieren, verbleibt gleichfalls an Ort und Stelle[1]) und der in den Zellhäuten so häufig steckende maskierte also fest an die Wandstoffe gebundene Kalk dürfte sich aller Wahrscheinlichkeit ebenso verhalten.

Bei der Beurteilung des hohen Aschengehaltes ist ferner zu bedenken, daß die mineralische Substanz in den einzelnen Geweben und Zellen durchaus nicht gleichmäßig verteilt ist, sondern daß einzelne Bestandteile darin bevorzugt sind. Veraschte Blätter lassen bei mikroskopischer Betrachtung leicht erkennen, daß namentlich die Epidermis infolge hochgradiger Inkrustation mit Kalk oder Kieselsäure oder mit beiden in Form eines Aschenskelettes vorliegt (Fig. 15 und 16). Die Zellformen, Spaltöffnungen und Haare sind so deutlich zu sehen, daß das Gewebe mit seinen morphologischen Eigentümlichkeiten so genau erhalten zu sein scheint, daß ein nicht Eingeweihter ein wirkliches Gewebe und nicht Asche vor sich zu sehen glaubt. In dem Hautgewebe des Blattes erreicht, wie die Betrachtung vieler Aschen lehrt, der Mineralgehalt der Membranen einen viel höheren Grad als im Grundgewebe. In der Regel ist auch der Aschengehalt des Blattrandes größer als der der umsäumten Blattfläche. Wenn also der Gesamtgehalt der Asche in einem Blatte 20% beträgt, so folgt daraus nicht, daß auch der der Epidermis 20% ist, sondern er muß, wenn die Asche im Hautgewebe dominierte, ein viel höherer sein.

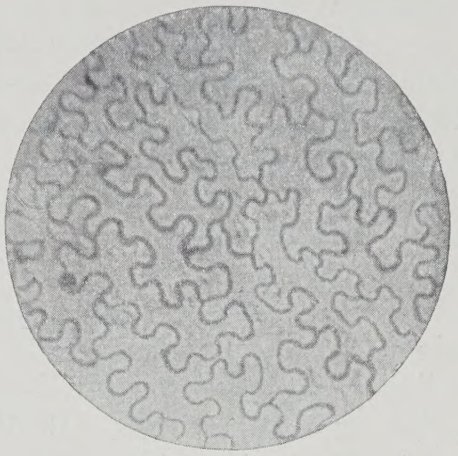

Fig. 15. Kieselskelett der Oberhaut des Blattes vom Adlerfarn, Pteris aquilina. Vergr. 180. Original.

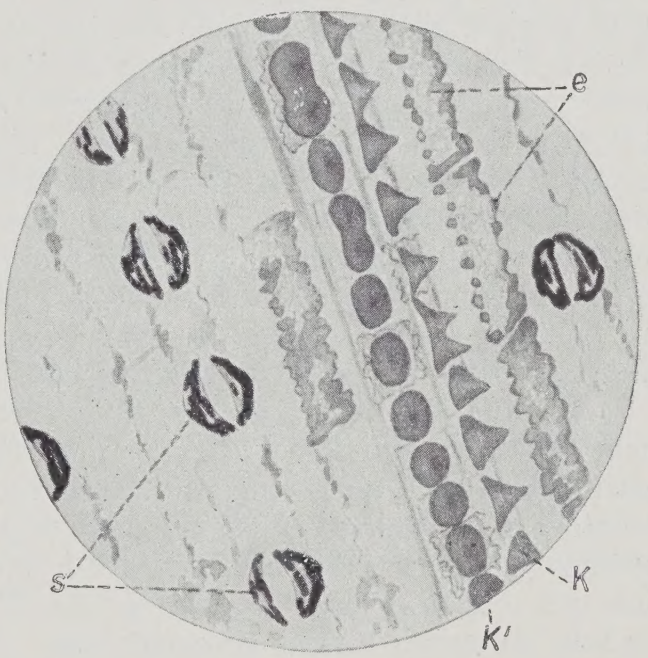

Fig. 16. Bambusa sp. Aschenbild des Blattes nach Behandlung der verkieselten Oberhautasche mit Salzsäure. Man glaubt ein unversehrtes Gewebe zu sehen. *s* Spaltöffnungen, *e* wellig umsäumte Oberhautzellen, von denen manche *se* mit Kieselsäure vollends erfüllt sind, und *k* Kieselkurzzellen. Vergr. 285. Original.

Wenn nun ein einjähriges Blatt schon so viel Asche im Herbste aufzuweisen hat, daß die Membranen als Kieselskelette in der Asche erscheinen und die Form der Gewebe mit Genauigkeit wiedergeben, so müßte, wenn das Blatt mehrere Jahre am Leben bliebe, das Gewebe nach und nach so hochgradig insbesondere mit Kalk- und Kieselsäure inkrustiert werden, daß an eine normale Funktion des Blattes unter diesen Umständen kaum zu denken wäre. Schon am Ende der

1) Molisch, H., Über die Vergilbung der Blätter. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 127. Bd., p. 30—31.

ersten Vegetationsperiode erhalten gewisse Blätter, z. B. die der Ulme, infolge der starken Mineralisierung des Hautgewebes einen hohen Grad von Sprödigkeit und lassen sich beim Welken oder Eintrocknen leicht brechen.

Diese auffallende Inkrustierung mit Aschensubstanzen muß Störungen in der Funktion des Blattes hervorrufen, und wir wissen, daß schon geringe Alterationen zum Laubfall führen können. Der herbstliche Laubfall und der Blattfall überhaupt muß von diesem Gesichtspunkt als eine sehr zweckmäßige Einrichtung angesehen werden, weil er nicht mehr funktionstüchtige Blätter rechtzeitig entfernt und jungen Platz macht.

Dazu kommt, daß weichere krautige Blätter schon im Laufe einer einzigen Vegetationsperiode durch Hagel, Wind, Sturm, Insekten und Pilzparasiten so vielfach beschädigt werden, daß sie im zweiten Jahre nur mehr mangelhaft ihrer Bestimmung zu dienen geeignet wären.

Man betrachte nur die Blätter eines Baumes im Spätherbste: kaum ein Blatt ist vollständig unversehrt.

Doch man könnte einwenden: wenn die starke Mineralisierung des Blattes mit Aschensubstanzen schon nach einer Vegetationsperiode Funktionsstörungen hervorrufen soll, wie ist es dann möglich, daß es zwei oder sogar mehrjährige Blätter gibt. Eine so lange Lebensdauer ist nur möglich, wenn durch bestimmte Einrichtungen Vorsorge dafür getroffen wird, daß solche langlebige Blätter weniger Mineralstoffe aufnehmen und weniger ablagern. Solche Blätter müßten daher weniger transpirieren. In der Tat sind alle mehrjährigen Blätter mit allerlei Schutzeinrichtungen der Transpiration versehen; geringe Oberfläche, Wachsüberzüge, Verstopfungen der Spaltöffnungen mit Wachs (Koniferen), Vertiefung der Spaltöffnungen, dicke Kutikula, Hypoderma, Verdickung der Epidermis, der Zellwandungen u. a. — Derartige wenig transpirierende Blätter enthalten, weil der Zustrom von Wasser und darin gelösten Salzen in viel gemäßigterem Tempo als bei einjährigen weichen Blättern erfolgt, auch in der Regel viel weniger Asche, wie aus den bereits auf p. 83 angeführten Zahlen über den Aschengehalt der Nadelholzblätter hervorgeht.

Meine Ansicht, daß die Ablagerung von mineralischen Stoffen in den Blättern schließlich zu einer derartigen Steigerung führen muß, daß dadurch Funktionsstörungen eingeleitet werden, wird durch die Korrelation von geringer Aschenmenge und langer Lebensdauer bei immergrünen Blättern gestützt. Sie wird auch gefestigt durch Versuche, die ich mit eingetopften Exemplaren von 2jährigen Birken und Hainbuchen in sehr feuchtem Raume gemacht habe. Als ich solche Bäumchen im Kalthaus in großen verschlossenen Glasgefäßen kultivierte, also bei sehr gehemmter Transpiration, blieben die Blätter viel länger am Leben als bei den Kontrollindividuen. Bei der Birke begann die Vergilbung im feuchten Raume erst im Dezember und der Blattfall erst im Januar, ja bei der Hainbuche blieben die Blätter sogar bis Mitte Februar grün und fielen erst Anfang März ab, während sie bei den Kontrollpflanzen schon Anfang November vergilbten oder abfielen.

Wie ist es aber nach dem Gesagten doch möglich, daß die Blätter von Welwitschia sich Jahrzehnte lang, ja bis 100 Jahre am Leben erhalten? Dieser scheinbare Widerspruch erledigt sich aber in sehr befriedigender Weise, wenn man sich vor Augen hält, daß die beiden einzigen Blätter,

die der unverzweigte, rübenförmige Stamm dieser Pflanze trägt, an ihrem Ende allmählich absterben, vom Grunde aus aber sich fortwährend verjüngen.

So hat die Natur, um die Lebensdauer der Blätter bei immergrünen Pflanzen über ein oder mehrere Jahre hinaus zu verlängern, einen glücklichen Ausweg gewählt, indem sie durch bestimmte anatomische Einrichtungen den Zustrom der mineralischen Bodenlösung so einschränkt, daß diese Blätter viel langsamer jenes Maximum von Asche in sich anhäufen, das ein normales Gedeihen unmöglich macht.

4.

Die Lebensdauer der Haare.

Über diesen Gegenstand verdanken wir Burkhardt[1]) eine ausführliche Arbeit. Bekanntlich kommt den Haaren ein verschiedener Bau und auch eine mannigfaltige Funktion zu und dementsprechend ist auch ihre Lebensdauer eine recht verschiedene. Borstige Haare sind im allgemeinen lange lebend und bei weichen Haaren wächst die Lebensdauer vielfach mit der Stärke der Wandverdickung. An Früchten und Samen sterben die Deckhaare gewöhnlich früher als an Blättern und Stengeln. Kurzlebig sind die Reusenhaare, sie sterben gewöhnlich mit der Blüte ab. Bei Aristolochia geschieht dies sogar noch früher, um den mit Blütenstaub beladenen Tieren den Ausgang zu ermöglichen. Auch Wollhaare sterben frühzeitig ab und füllen sich bald mit Luft. Dasselbe gilt von den Flughaaren, wie sie an den Früchten der Weide, Pappel und vielen Kompositen auftreten. Auch die Wurzelhaare haben, wie lange bekannt, nur ein kurzes Leben.

Die Lebensdauer der Haare läßt häufig eine deutliche Beziehung zu ihrer Funktion erkennen. Haare, die sich bald mit Luft füllen und daher absterben, sind kurzlebig, weil sie auch im toten Zustande die Aufgabe der Lichtdämpfung, des Transpirations- und Wärmeschutzes mit Erfolg übernehmen können.

Im Gegensatze dazu können gewisse Funktionen nur von Haaren ausgeübt werden, die lange lebenden Inhalt führen. Es sei hier an die Brennhaare der Nesseln, an Haare mit Gerbsäure, die als Schutzmittel gegen Tiere dienen, an Harz und ätherisches Öl ausscheidende Haare, an wasserausscheidende Hydathoden und andere erinnert. Leider hat Burkhardt keine Zeitangaben über die Lebensdauer gemacht und dadurch eine Lücke offengelassen, die noch auszufüllen ist.

G.

Über den Tod und die Lebensdauer der Gewebezelle.

Wenn im vorhergehenden von hundert-, tausend- und mehrtausendjährigen Bäumen gesprochen wurde, so denkt man dabei immer an den Baum als Ganzes, als individuelle Einheit; es darf aber nicht vergessen werden, daß an einem alten Baume die Organe, wie die Blätter und Blüten, nur ein kurzes Dasein haben, und daß auch die kleinsten Bausteine der Pflanze, die Zellen, häufig viel kürzere Zeit leben als das zugehörige Indi-

1) Burkhardt, W., Die Lebensdauer der Pflanzenhaare. Dissertation d. Univ. Leipzig 1912.

viduum selbst. Ja man kann ohne Übertreibung sagen: Ein älterer erwachsener Baum besteht großenteils aus toten Zellen und gleicht einer Ruine, in der nur ein geringer Teil der ursprünglichen Räume bewirtschaftet wird.

Wie und wann stirbt die Zelle? In den meisten Fällen stirbt die Zelle, weil ihr Inhalt entweder ganz oder großenteils verschwindet. Die lebende Substanz wird abgebaut, aufgebraucht oder wandert nach anderen Orten aus. Mit dem Verschwinden des Plasmas aus der Zelle tritt der Tod ein. So ist es beim Mark, Holz und dem Periderm.

Mark. Betrachten wir zunächst das Mark. Es besteht großenteils oder ausschließlich aus Parenchymzellen, die anfänglich Plasma und Kern, häufig auch Stärke, Chlorophyllkörner, ja auch Kalkoxalatkristalle enthalten. Nach einem gewissen Alter beginnt der Inhalt mehr und mehr zu schwinden; Plasma, Kern und Stärke werden resorbiert, so daß die Zelle schließlich völlig oder fast ganz entleert erscheint. Sie besteht dann nur mehr aus der Wand. Das Mark des Holunders (Sambucus nigra), der Sonnenblume (Helianthus annuus), der Aralia papyrifera und zahlreicher anderer krautiger und holziger Gewächse setzt sich aus solchen leeren, lufthaltigen Zelleichen zusammen.

Mit der Entleerung der Markzellen ist häufig auch ein Zusammenfallen und Zerreißen der Zellen verbunden; hierdurch entsteht oft eine Mark- oder Stammhöhle wie bei zahlreichen Schachtelhalmen, Gräsern, Doldenpflanzen und Korbblütlern.

Über die Lebensdauer der Markzellen sei aus einer von mir angeregten Arbeit einer meiner Schüler[1]) folgendes mitgeteilt:

Name der Pflanze	Bau des Markes	Lebensdauer in Jahren	Anmerkung
Sambucus nigra	gleichartig	1	Mitte Juni waren nur noch die Markzellen der obersten Internodien lebend.
Larix europaea	„	1	Um dieselbe Zeit noch die meisten Markzellen lebend.
Juglans regia	ungleichartig	3	Am 10. Juni zeigte das Mark noch keine Fächerung und bestand aus lauter aktiven Zellen. Die dickwandigen leben 3 Jahre.
Robinia pseudacacia . .	„	5	Die dünnwandigen Zellen sterben bald, die dickwandigen leben im Maximum 5 Jahre.
Salix caprea	„	5	Die dünnwandigen Zellen sterben schon in der ersten Vegetationsperiode.
Acer platanoides	„	6	
Abies pectinata	„	6—7	Die dünnwandigen Zellen sterben im allgemeinen früher ab, einzelne bleiben einige Jahre am Leben.

1) Massopust, B., Über die Lebensdauer des Markes im Stamm usw. Sitzungsber. d. Ver. „Lotos“, Prag 1906, Nr. 7—8.

Name der Pflanze	Bau des Markes	Lebensdauer in Jahren	Anmerkung
Picea excelsa	ungleichartig	6—7	Die dünnwandigen Zellen sterben im allgemeinen früher ab, einzelne bleiben einige Jahre am Leben.
Taxus baccata	gleichartig	7	
Rosa canina	ungleichartig	8	
Symphoricarpus racemosa	,,	10	Die dünnwandigen Zellen sterben sehr bald ab; am 27. April war der diesjährige Trieb schon hohl.
Pinus silvestris	gleichartig	10—11	
Prunus avium	ungleichartig	11	
Pirus malus	,,	wenig über 12	
Syringa vulgaris	,,	12	Mitte Juni waren die dünnwandigen Markzellen in den meisten Zweigen abgestorben.
Populus tremula	,,	12	
Viburnum opulus	,,	13	
Ligustrum vulgare . . .	,,	14	
Prunus spinosa	,,	14	
Crataegus oxyacantha . .	,,	14	
Aesculus hippocastanum	,,	17—18	
Pirus communis	gleichartig	wenig über 18	
Corylus avellana	ungleichartig	22	
Quercus pedunculata . .	gleichartig		Die Lebensgrenze liegt hier um das 20. Jahr.
Alnus glutinosa	,,		
Carpinus betulus	,,		
Betula alba	,,	27	
Tilia parvifolia	ungleichartig	28	
Sorbus aucuparia	ungleichartig	35—40	
Fagus silvatica	gleichartig	42	Vielleicht ein Ausnahmsfall!

Wie aus der Tabelle erhellt, ist die Lebensdauer des Markes selbst bei nahverwandten Pflanzen verschieden, ja die Zellen ein und desselben Markes verhalten sich, wenn sie anatomisch verschieden gebaut, z. B. dick- und dünnwandig sind, gleichfalls verschieden. Die dünnwandigen sterben gewöhnlich früher als die dickwandigen.

Bei den untersuchten Holzgewächsen schwankte die maximale Lebensdauer der Markzellen zwischen einigen Monaten und 1—42 Jahren. Später hat Fritzsche[1]), ohne die Arbeit von Massopust, die ihm entgangen ist, zu erwähnen, gleichfalls Beobachtungen über die Lebensdauer der Markzellen gemacht und findet, daß das homogene Mark[2]) entweder bis zur Kernholzbildung lebend bleibt oder im Absterben ihr vorausgeht.

1) Fritzsche, A., Untersuchungen über die Lebensdauer und das Absterben der Elemente des Holzkörpers. Inaug.-Dissert. Leipzig 1910, p. 51.

2) Gris unterscheidet je nach dem Inhalt homogenes und heterogenes Mark. Jenes besteht aus lebenden Zellen mit wenig kristallführenden Elementen, dieses meist aus totem Markinnern und lebender Markkrone. Sur la moëlle des plantes ligneuses. Annal. des sciences nat. 1872, 5. S., Tome 14, p. 34.

Bei der Birke hat er 40jähriges Mark lebend gefunden und in noch älteren Stämmen war es abgestorben. Ist das Mark heterogen, dann beginnt es zuerst an den Internodien abzusterben und erst etwas später auch in den Knoten.

Überraschend langlebig aber sind die Markzellen gewisser Kakteen. Die in der Wüste von Arizona so häufig vorkommende Riesenkaktee Carnegiea gigantea wird, wie Mac Dougal[1]) gezeigt hat, 100—150 Jahre alt und ihr Mark besteht aus Parenchymzellen, die ebenso alt werden, ohne die Fähigkeit, sich zu teilen, zu verlieren. Mac Dougal[2]) setzte später seine Beobachtungen über das Alter der Zellen bei Kakteen an Ferrocactus Wislizenii fort. Wie ich mich selbst überzeugen konnte, ist diese riesige Kaktee in den an das Wüstenlaboratorium in Tuscon angrenzenden Teilen sehr häufig und dient zu mannigfachen Versuchen. Unter anderem hat Mac Dougal sich den Beweis verschafft, daß der ungemein wasserreiche Stamm, in einem trockenen Raum aufbewahrt, ohne jede Wasserzufuhr bis zu 6 Jahren am Leben bleibt. Eine Pflanze wog, als sie dem Boden im November 1908 entnommen wurde, etwa 38 kg und 26 kg am 7. Dezember 1914. Erwachsene Individuen sind von eizylindrischer Form, 1,5—2 m hoch und wiegen 100—225 kg. Der größere Teil des Stammes besteht aus Rinde, das zentrale Mark zählt aber nur wenige Millimeter im Durchmesser. Zwischen diesen beiden Teilen liegen Gefäßbündel, die auch in das Rindengewebe ausstrahlen. Mark- und Rindenzellen bleiben 100 Jahre und mehr am Leben. Die Markzellen erreichen ihre endgültige Größe in den ersten 10 Jahren und zeigen während dieser Zeit keine merkbare Volumveränderung. Während die Rindenzellen im ersten Jahrzehnt den Flächeninhalt des Querschnittes auf das Vierzigfache vergrößern, wird dieser in dem folgenden Jahrhundert durchschnittlich nur noch einmal verdoppelt. Zwischen Carnegiea und Ferrocactus besteht insofern ein Unterschied, als die Markzellen der ersteren ihre Fähigkeit, zu wachsen und sich zu teilen, bewahren, während die Mark- und Rindenzellen des letzteren zwar die Fähigkeit des Wachstums, aber nicht der Teilung für eine Periode von 100 Jahren behalten.

Das Holz kann bei den Nadelhölzern, abgesehen von den Markstrahlen, aus Tracheiden und Parenchymzellen bestehen und bei den Laubhölzern gesellen sich noch die Gefäße und Libriformfasern hinzu.

Das Gefäß baut sich aus einer Reihe übereinander liegender Zellen auf, deren Querwände frühzeitig ganz oder teilweise aufgelöst werden. Das Plasma schwindet alsbald, das Gefäß wird entleert und stirbt ab. Der Tod erscheint im Holze zuerst im Gefäß; noch bevor das Internodium ausgewachsen ist, wird das Gefäß schon vom Tode ereilt.

Die Tracheiden leben auch nur sehr kurze Zeit, denn auch sie verlieren bald ihren Inhalt, werden entleert und sterben.

Die überaus kurze Lebensdauer der Gefäße und Tracheiden hängt mit ihrer Funktion auf das innigste zusammen. Sie sind es ja, die das Wasser vornehmlich leiten und dies vermögen sie nur dann in ausgiebiger Weise, wenn sie leere Röhren darstellen. Die möglichst rasche Befreiung von ihrem lebenden Inhalt erscheint daher als eine zweckmäßige Anpassung an ihre Funktion.

---

1) Mac Dougal, D. T., Growth and Permeability of century old Cells. Americ. Naturalist 1926, **60**, p. 393—415.

2) Mac Dougal, D. T. and Long, Fr. L., Characters of Cells attaining great Age. The Americ. Naturalist, Vol. LXI, 1927, p. 385.

Am längsten bleiben im Holze die Parenchym-, Markstrahlzellen und gefächerten Libriformfasern am Leben. Sie leiten und speichern während der Vegetationsperiode die Stärke und bilden das Reservoir für verschiedene wertvolle Baustoffe im Baumstamm.

Wir verdanken STRASBURGER[1]) einige genauere Beobachtungen über die Lebensdauer der zum Holze gehörigen, im Winter Stärke führenden Zellen.

So ließen sich bei einer 60jährigen Fichte durch 24 äußere Jahresringe lebendige Markstrahlzellen verfolgen (p. 38).

Bei einer 42jährigen Föhre reichten die lebenden Elemente der Markstrahlen, von außen gerechnet, bis zum 28. Jahresring. Bei einem anderen Föhrenexemplar waren die lebenden Markstrahlzellen bis zum 36. Jahresringe zu beobachten (p. 40).

Ein Lärchenstamm ließ seine letzten lebenden Elemente im 32. Jahresring, von außen gezählt, erkennen. Bei einem anderen Exemplar reichten die lebenden Markstrahlzellen bis zum 20. Jahresring (p. 42).

Die Markstrahlen eines Stammes von Thuja occidentalis waren in den letzten 21 Jahresringen insgesamt lebend. Von hier nahmen gegen das Mark zu die lebenden Zellen rasch ab und ihre Stärke wurde durch braune Harzmassen ersetzt (p. 46).

In einem 26jährigen Ast von Acer platanoides waren lebende Zellen bis zum Marke vorhanden. In einem Stamme von Acer pseudoplatanus bis zum 30. Jahresringe (p. 218).

Die Parenchyme des Holzkörpers von Robinia pseudacacia bleiben bis in das 8. Jahr tätig und lebend (p. 192).

Eine 124 Jahre alte Rotbuche zeigte lebende Parenchym- und Markstrahlzellen bis zum 30. Jahresring, dann in abnehmender Menge; einzelne Elemente mit Stärke reichten bis zum Mark (p. 275). Ob diese in der Nähe des Markes befindlichen, Stärke führenden Zellen noch am Leben waren, wurde von STRASBURGER nicht genauer geprüft. Die noch vorhandene Stärke scheint mir noch kein Beweis für ihr Leben zu sein, da es ja möglich ist, daß sie von der Verkernung überrascht wurden und ihre Stärke daher nicht mehr aufgelöst werden konnte.

Weitere Beobachtungen über die Lebensdauer der parenchymatischen Zellen im Holzkörper rühren von SCHORLER[2]) her. Er fand noch am Leben bei

Taxus baccata	21	Jahre	alte	Markstrahlzellen,
Pinus silvestris	35	„	„	„
„ „	35	„	„	Holzparenchymzellen,
Picea excelsa	32	„	„	Stärke führende Zellen,
Abies alba	45	„	„	Markstrahl- und Parenchymzellen,
Morus alba	8	„	„	„ „ „
Ulmus effusa	14	„	„	„ „ „
Quercus pedunculata . . .	18	„	„	„ „ „
Fagus silvatica	15—20	„	„	„ „ „
Betula alba	39 u. mehr	„	„	„ „ „
Salix sp.	6	„	„	„ „ „
Populus alba	10	„	„	Markstrahlzellen,
„ dilatata.	10	„	„	„
Staphylea pinnata	8	„	„	„
Sorbus torminalis	86	„	„	Stärke führende Zellen.

1) STRASBURGER, E., Über Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen. Jena 1891.

2) SCHORLER, B., Untersuchungen über die Zellkerne in den stärkeführenden Zellen der Hölzer. Diss. Jena 1883.

Fritzsche[1]) beschäftigte sich auch mit der Lebensdauer der Holzelemente und kam zu folgenden Ergebnissen:

1. Bei den dikotylen echten Kernhölzern erhalten sich alle Parenchymzellen, Ersatzfasern, Faser- und Markstrahlzellen bis zur Kernholzbildung lebendig. Der Übergang vom Splint zum Kern erfolgt innerhalb 1—3 Jahresringen, dabei sterben die Parenchym- und Faserzellen zunächst und zuletzt die der Markstrahlen.

2. Der Übergang vom Splint zum Kern erfolgt bei den Kernhölzern der Nadelhölzer sehr verschieden rasch: bei der Föhre, Pinus silvestris, innerhalb eines Jahresringes, während bei der Lärche und Fichte schon von dem ersten Jahresring an einzelne Elemente abzusterben beginnen. Innerhalb der Markstrahlen verfällt nach und nach eine große Zahl von Zellen dem Tode.

3. In dikotylen Splinthölzern bleiben in einigen Fällen bis zu der in ihrem Zentrum auftretenden falschen Kernbildung alle Zellen lebend. Meist sterben aber die Zellen teilweise schon vom 1. Jahresring an ab und füllen sich mit Infiltrationsstoffen.

4. Die Libriformfasern leben im allgemeinen 8 Wochen, selten bleibt ein Teil im Winter lebend, ja bei Salix erhalten sie sich sogar bis zum Herbste des 3. Jahres lebendig.

Im Anschluß an die Untersuchungen Mac Dougals über die Langlebigkeit der Mark- und Rindenzellen (s. S. 90) hat dieser auch das Lebensalter der parenchymatischen Elemente im Holze des Mammutbaumes, Sequoia sempervirens, des sogenannten Redwood untersucht.[2]) Hier finden sich im neugebildeten sekundären Holze zweierlei Parenchymzellen: Holzparenchymzellen, die in vertikalen Reihen, eingestreut zwischen den Tracheiden, liegen, und Markstrahlzellen. Beide sind im Splint lebend und gefüllt mit Stärke.

Wenn der Splint in Kernholz übergeht, was sich durch eine bräunliche Rotfärbung kundgibt, verschwindet die Stärke aus den Markstrahlzellen, aber damit ist nicht immer der Tod und die Auflösung des Plasmas verbunden, denn sie haben, obwohl im Kernholz liegend, eine dünne Plasmaschicht, einen deutlichen Zellkern und eine große zentrale Vakuole. Solche lebende Zellen konnten 70 Jahresringe tief im Kernholz beobachtet werden und da der Splint 21—23 Ringe umfaßte, so schätzt Mac Dougal die Lebensdauer der Markstrahlzellen auf etwa 100 Jahre. Langlebige Zellen sind immer in der Pflanze Parenchymzellen im Gegensatz zu den hochspezialisierten Zellen des Gehirns und des Herzens der Wirbeltiere. Die langlebigen Zellen des Mammutbaumes besitzen nicht mehr die Fähigkeit, sich zu teilen und beteiligen sich nicht mehr an der Kallusbildung und anderen bei der Sequoia so häufig vorkommenden Regenerationen.

Wir haben demnach im Holze kurzlebige und langlebige Elementarorgane. Zu den ersteren gehören die Tracheen, Tracheiden und Libriformfasern, deren Leben nur nach Wochen zählt, und zu den letzteren gehören die parenchymatischen Zellen, die sich Jahre und Jahrzehnte am Leben erhalten können. Diejenigen von Sorbus torminalis bleiben sogar bis 86 und die von Sequoia sogar 100 Jahre am Leben.

1) Fritzsche, A., l. c. p. 51—52.

2) Mac Dougal, D. T. and Smith, G. M., Long-lived Cells of the Redwood. Science 1927, Vol. LXVI, p. 456—457.

Das im Innern des Stammes liegende, häufig durch dunklere Färbung und bestimmte Inhaltsstoffe ausgezeichnete Kernholz ist in der Regel totes Holz, besteht fast nur aus toten Elementen und ist an der Saftleitung nicht mehr beteiligt. Aber auch das periphere saftleitende Splintholz setzt sich nur zum Teil aus noch lebenden Elementen zusammen, denn die Tracheen und Tracheiden fungieren ja nur im toten Zustande in ausgiebiger Weise als Wasserröhren, sterben daher frühzeitig ab, während die Parenchyme hier relativ lange lebendig bleiben.

Über die Art des Absterbens der Zellen im Holzkörper läßt sich sagen, daß es sich hauptsächlich in zweierlei Weise abspielen kann. Die Zellen sterben entweder, weil sie entleert werden; oder sie werden mit Abfallprodukten des Stoffwechsels, mit Harz, Gummi, Phlobaphenen, Kernstoffen u. a. beladen und gehen dabei endlich zugrunde.

Rinde. Die Zellen des Korkes sind recht kurzlebig. Es ist für sie sozusagen charakteristisch, daß sie ihr Plasma und auch den übrigen Zellinhalt bald aufbrauchen, sich gewöhnlich mit Luft füllen und so sterben. Anstatt Luft können aber auch andere Stoffe eingelagert werden, z. B. Phlobaphene, Harze, Gerbstoffe u. a.

Entwickelt sich der Kork nicht aus der Epidermis, sondern tiefer in der Rinde, so wird alles Gewebe, das außerhalb der toten Korkschichten liegt, von der Saftleitung abgeschnitten und stirbt ab. Auf diese Weise entsteht ja bekanntlich die Borke. Sie besteht aus lauter toten Zellen.

Über das Alter der Lentizellen ist wenig bekannt[1]).

Vorher wurden mehrere Angaben über die Lebensdauer der Elementarorgane des Holzes gebracht. Entsprechende Daten über die Bestandteile des Bastes habe ich fast gar nicht vorgefunden. Die Lebensdauer der Siebröhren und Geleitzellen, sagt Strasburger[2]), beträgt in älteren Stammteilen der Linde 4 Jahre und mehr. Die entleerten Siebröhren führen Luft. Die Bastparenchymschichten bleiben sehr lange, 25 Jahre, am Leben, bis ihrer Existenz durch Korkschichten ein Ende gemacht wird, die sie von der Nahrungszufuhr abschneiden.

Die Bastparenchymlagen von Aristolochia tomentosa bleiben mindestens 28 Jahre am Leben.

Es wäre eine dankenswerte Aufgabe, diese spärlichen Daten über die Lebensdauer des Phloems zu ergänzen, damit wir darüber ein klares Bild für die verschiedenen Pflanzenfamilien erhalten.

Trotz des vorläufig noch mangelhaften Beobachtungsmateriales ergibt sich aber doch, daß der Tod der Rindenzellen vorzugsweise auf zwei Ursachen zurückzuführen ist: 1. auf das völlige Verschwinden des Protoplasmas und die damit verknüpfte Entleerung der Zelle, und 2. auf dem Eintrocknen der Rindenzellen infolge von Absperrung der Saftleitung durch die Korkzellen.

Untersuchungen[3]) über die Spaltöffnungen des Riesenkaktus Carnegiea gigantea haben das überraschende Resultat ergeben, daß die Spaltöffnungen am Stamme ein Alter von 100 Jahren erreichen, trotz dieses Alters noch lebendig sind und sich öffnen und schließen. Es ist

---

1) Neger, F. W. und Kupka, Th., Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Wirkungsweise der Lentizellen. I. Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1920, p. 141.

2) Strasburger, E., l. c. p. 226 u. 266.

3) Long, Fr. L., Stomatal Behavior in the Giant Cactus. Siehe: Clements, F. E., Researches in Ecology. Carnegie Institution-Year-Book, Nr. 26, 1926—27, p. 323.

dies ein glänzendes Beispiel für ein überaus hohes Alter von den der Epidermis angehörenden Zellen.

Wurzel. Was vom Stamme gesagt wurde, gilt auch von der gleich dem Stamm in die Dicke wachsenden Wurzel gymnospermer und dikotyler Gehölze. Denn auch sie besteht ja wie der Stamm aus einem sich jährlich durch einen Jahresring vergrößernden Holzkörper und einer von Periderm bedeckten Rinde. Nur das Mark fehlt gewöhnlich.

Das Absterben des Holz- und Rindengewebes vollzieht sich mutatis mutandis wie im Stamme. Eine besondere Betrachtung aber erheischen die einschlägigen Verhältnisse, wie wir sie an den ganz jungen, noch in die Länge wachsenden Teilen der Wurzeln vorfinden. An ihrer Spitze ist die Wurzel von der sogenannten Wurzelhaube bedeckt. Diese besteht aus parenchymatischen saftreichen Zellen, die sich in den an das Medium angrenzenden Schichten unter teilweiser Verschleimung ihrer Wände voneinander spontan trennen und dann außer Verband mit der Pflanze alsbald zugrunde gehen. Hier ist es also nicht der Verbrauch oder die Auswanderung des Plasmas, die zum Tode führen, sondern lediglich die Abtrennung von der Mutterpflanze.

In einiger, aber sehr geringer Entfernung von der Wurzelspitze entstehen die für die Ernährung so wichtigen einzelligen Wurzelhaare, die mit den Bodenteilchen in innige Berührung treten und sozusagen mit ihnen verkleben. Sie bleiben nur kurze Zeit, wenige Wochen am Leben und werden hinter der Wurzelspitze immer wieder durch neue ersetzt. Nach Schwarz[1]) blieben bei Maispflanzen die Haare bis zu einer Länge von 20 cm, von der Wurzelspitze an gerechnet, noch frisch, während sie bei den dünneren Haferwurzeln schon 6—10 cm hinter der Wurzelspitze zusammengefallen waren. Auch bei Luftwurzeln sterben die Wurzelhaare schon in geringer Entfernung von dem Wurzelende.

Die Wurzelhaare sind gegen äußere Einflüsse sehr empfindlich, insbesondere gegen Austrocknung, gegen Ausheben der Wurzeln aus dem Boden, gegen Umsetzen und chemische Veränderung des Substrates. Ihr Tod kann durch diese Einflüsse bedingt werden oder durch die Abstoßung der Epidermis und ihren Ersatz durch die äußere Endodermis oder subepidermalen Kork. Mit der Abstoßung der Oberhaut ist auch der Tod der Wurzelhaare gegeben.

Blatt. Auf p. 82 wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Lebensdauer des Laubblattes, gleichgültig ob es einer viel- oder tausendjährigen Pflanze angehört, relativ kurz ist. Sehr häufig geht das Blatt schon mit Ende der ersten Vegetationsperiode zugrunde, nicht selten noch früher. Auch wurde bereits ausführlich besprochen, wie die infolge der Transpiration einsetzende Inkrustierung der Blattzellen mit mineralischer Substanz Funktionsstörungen hervorrufen muß, die, genügend lange fortgesetzt, schließlich zum Absterben führen müßte.

Hierzu gesellt sich auch die Vergilbung des Laubes, die uns den Wald knapp vor dem herbstlichen Laubfall in so herrlichen Farbentönen erscheinen läßt und die als ein Symptom des Alterns und des nahenden Todes zu betrachten ist. Ich sprach mich vor kurzem darüber folgendermaßen aus[2]): „Unter normalen Verhältnissen stellt sich die Vergilbung

1) Schwarz, F., Die Wurzelhaare der Pflanzen. In den Untersuchungen a. d. bot. Institut zu Tübingen. I. Leipzig 1881—1885, p. 144.

2) Molisch, H., Über die Vergilbung der Blätter. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien., Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 127, Jahrg. 1918, p. 18.

erst in einem gewissen Alter des Blattes ein. Altersunterschiede von wenigen Tagen können sich beim Eintreten der Vergilbung geltend machen. An einem Zweige tritt die Gelbfärbung des Laubes gewöhnlich in akropetaler Reihenfolge ein: die untersten Blätter des Zweiges vergilben zuerst, dann folgen die mittleren und endlich die an der Spitze, die jüngsten. Obwohl die Blätter im Frühjahr innerhalb 2—3 Wochen nacheinander am Zweige entstehen, sich also nur durch geringe Lebensdauerunterschiede auszeichnen, tritt doch die Vergilbung in vielen Fällen streng nach der Altersfolge ein.

Bäume, die im Frühjahr aus irgendwelchem Grunde um einige Tage früher austreiben als andere derselben Art, zeigen auch um einige Tage die Vergilbung früher. Gehölze, deren starke Äste vor dem Austreiben tief hinab gestutzt wurden und sich daher später belaubten, behalten die Blätter, weil sie jünger sind, im Herbste länger grün. Bäume, die infolge von Sommerdürre ihr Laub früher abwerfen und im Spätsommer nochmals austreiben, bleiben bis spät in den Herbst hinein grün. Obwohl diese jungen Blätter unter Bedingungen stehen, die die Vergilbung begünstigen, vergilben sie nicht und werden nicht selten in noch grünem Zustande von starken Herbstfrösten vernichtet. Dies alles zeigt deutlich, daß wenigstens unter normalen Verhältnissen der Eintritt der Gelbfärbung in der Regel an ein gewisses Alter des Blattes gebunden ist. Das Vergilben ist also eine Alterserscheinung."

Indem ich bezüglich der mikroskopischen Veränderungen, die sich während der Vergilbung abspielen, auf meine eben zitierte Abhandlung verweise, will ich nur eine besonders wichtige Veränderung hervorheben, die das Blatt schließlich außerstand setzt, normal zu fungieren. Ich meine das Verschwinden der Chromatophoren und ihres Eiweißes. Sobald der Vergilbungsprozeß einzusetzen beginnt, verschwindet mehr oder minder rasch der grüne Farbstoff, die Chlorophyllkörner werden desorganisiert, an ihrer Stelle treten gelbe ölige Tropfen auf, ja in vielen Fällen schwindet die plasmatische Grundlage der Chlorophyllkörner völlig, so daß die Blätter dadurch sehr eiweißarm werden, wie man sich leicht durch die von mir eingeführte Methodik, das Eiweiß ganzer Organe nachzuweisen, überzeugen kann[1]). Obwohl das völlig vergilbte Blatt keinen Chlorophyllfarbstoff und auch häufig keine Chromatophoren besitzt, besteht es doch aus lebenden Zellen mit Plasma und Zellkern. Aber ein solches Blatt ist nicht mehr fähig, seiner natürlichen Bestimmung, Kohlensäure zu assimilieren, zu dienen und wird daher, weil seiner Hauptfunktion entzogen, alsbald abgeworfen. Es fällt, obwohl völlig vergilbt, lebend ab und erst nach dem Abfallen verfällt es, indem es im Boden vertrocknet oder verwest, dem Tode.

Blüte. Die Blüten sind, wie bereits ausführlich dargetan wurde, verhältnismäßig kurzlebig. Nach der Befruchtung fallen die Blüten, oder genauer gesagt, gewisse Teile, wie Korolle, Kelch und Staubgefäße, ab. Wenn solche Organe abgestoßen werden, so sind sie in der Regel nicht tot, sondern noch ziemlich frisch. Sie können aber auch in welkem Zustande abfallen und dieses Welkwerden kann sich in gewissen Fällen (vgl. p. 104) schon kurze Zeit nach der Befruchtung einstellen, wahrscheinlich infolge von Wasserentzug durch benachbarte Teile der Pflanze.

---

1) Molisch, H., Die Eiweißproben, makroskopisch angewendet auf Pflanzen. Zeitschr. f. Bot., Bd. VIII, 1916, p. 124.

Auch hier zeigt sich, daß Organe, die ihre ihnen zukommende Aufgabe erfüllt haben und unnötig geworden sind, trotzdem sie noch leben, abgestoßen werden.

Physiologisch interessant erscheint die Art des Absterbens mancher ephemerer Blüten, z. B. von Tradescantia virginica. Die Blüte öffnet sich früh morgens und schon am Nachmittag desselben Tages beginnen die violetten Blumenblätter sich zusammenzurollen und zu einer saftig-breiigen Masse zusammenzuballen. Die Plasmen der Zellen werden für den violetten Zellsaft durchlässig und sterben ab. Wodurch hier der frühzeitige Tod der Blumenblätter ausgelöst wird und die Plasmahäute für die Anthokyanlösung durchlässig werden, ist vorläufig unbekannt.

Die Lebensdauer des Pollens[1]) wurde unter verschiedenen Bedingungen für 50 Angiospermen untersucht. Dabei hat sich die lufttrockene Aufbewahrung dafür am günstigsten gezeigt. Der Pollen von Typha erwies sich am langlebigsten, er behielt seine Keimfähigkeit nach 158 Tagen noch zu 56%. Nach 336 Tagen war sie noch nicht ganz verschwunden.

Isolierte Zellen. Das Leben der Zelle kann auch wesentlich verkürzt werden, indem sie aus dem Gewebeverband gebracht und weiter kultiviert wird. Haberlandt[2]) hat als erster den Versuch gemacht, Zellen aus Organen, z. B. aus Blättern, zu isolieren und dann weiter am Leben zu erhalten. Mehrere Forscher, Bobilioff-Preisser, Thielmann[3]), Winkler und Küster[4]) sind ihm darin gefolgt, ohne daß es bisher gelungen wäre, die voneinander getrennten Zellen lange lebendig zu erhalten, geschweige denn zu einer regen Vermehrung oder gar zu einer Organbildung zu veranlassen[5]).

Thielman und Berzin[3]) untersuchten die Veränderungen des osmotischen Wertes kultivierter Zellen und stellten dabei auch die Lebensdauer isolierter Zellen in verschiedenen Nährlösungen fest. Die Versuche wurden mit dünnen Schnitten durchgeführt, die außer den Epidermis- und Schließzellen auch mehr oder weniger Mesophyllzellen oder die nur diese enthielten. Die Lebensdauer der Mesophyllzellen monokotyler Pflanzen betrug bei einer Temperatur von etwa 16—17° C im Wasser 11—12 und bei denen dikotyler Gewächse 7—24 Tage.

Schließzellen hielten sich unter ähnlichen Bedingungen länger, etwa 19—42 Tage.

Die Lebensdauer der Mesophyllzellen war, abgesehen von äußeren Bedingungen, auch vom Vorhandensein der Epidermis und des Nervenparenchyms abhängig; überhaupt lebten die Mesophyllzellen desto länger, je mehr die anatomische Zusammensetzung des kultivierten Schnittes sich der des normalen Blattes näherte.

Die Schließzellen haben eine längere Lebensdauer als die anderen Zellarten des Blattes, sie beträgt beiläufig 18—50 Tage. Aber selbst diese

---

1) Holman, R. and Brubaker, F., On the longevity of pollen. Univ. Calif. Publ. Bot. 1926, **13**, 179—204. — Ref. Bot. Zentralbl. 1927, p. 336.

2) Haberlandt, G., Kulturversuche mit isolierten Pflanzenzellen. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Bd. 111 (1902), Abt. I, p. 69.

3) Thielman, M. und Berzin, Über den osmotischen Wert kultivierter Pflanzenzellen. Archiv f. experimentelle Zellforschung, besonders Gewebezüchtung, Bd. IV, 1927, p. 273.

4) Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie. 3. Aufl. 1925, p. 494.

5) Börger, H., Über Kultur von isolierten Zellen und Gewebsfragmenten. Arch. f. experimentelle Zellforschung 1925, **2**, 123—190.

Lebensdauer ist im Vergleich zu der des ganzen Blattes eine verhältnismäßig kurze, woraus hervorgeht, daß isolierte Gewebeschnitte bzw. Blattzellen stets eine geringere Lebensdauer haben als das dazugehörige Blatt.

Halten wir Rückschau über das Alter der Gewebezelle, so können wir zusammenfassend sagen: Die Gewebezelle kann je nach dem Organ und dem Gewebe, je nachdem sie einer einjährigen, viel-, hundert- oder tausendjährigen Pflanze angehört, ein sehr verschiedenes Alter erreichen. Es kann Tage, Wochen, Monate oder viele Jahre andauern, aber verglichen mit dem hohen Alter zahlreicher Baumarten ist die Lebensdauer ihrer Zellen doch verhältnismäßig kurz. Die ältesten lebenden Zellen, die man bisher gefunden hat, sind Parenchym- und Markstrahlzellen des Holzes, ihr Alter erreicht im Maximum etwa 80 und die der Rinde und des Markes gewisser Kakteen 100 Jahre und mehr.

Bei einem tausendjährigen Lindenbaum oder einem mehrtausendjährigen Mammutbaum (Sequoia) sind die ältesten noch lebenden Zellen im besten Falle nicht viel über 100 Jahre alt. Mit ihrem Tode brauchen aber ihre Funktionen nicht völlig erloschen zu sein, denn die toten Holzzellen sorgen noch für die Festigkeit des Stammes und leisten dem Baume damit einen wichtigen Dienst.

III.

Über die Mittel, das Leben der Pflanze zu verlängern.

Es ist begreiflich, daß der Mensch, der allein unter allen Lebewesen weiß, daß er sterben muß, schon frühzeitig bestrebt war, Mittel zu finden, seine Lebensdauer zu verlängern. Der Tod erscheint ja den meisten als etwas Schreckliches, ja vielen als etwas Furchtbares und daher dürfen wir uns nicht wundern, daß man seit alter Zeit bis auf den heutigen Tag und heute erst recht darauf bedacht ist, den Menschen auf verschiedene Art zu verjüngen und das Altern hinauszuschieben. Der mystische Unsterblichkeitstrank der Chinesen, die Lebenselixiere berühmter Zauberer und Ärzte, die auf allgemeinen und ärztlichen Erfahrungen beruhende Makrobiotik Hufelands[1]) und die auf biologischen Tatsachen sich stützenden Vorschläge E. Metschnikoffs[2]), die Verjüngungsversuche Steinachs und Voronoffs seien hier nur als Beispiele genannt. Das Problem der Lebensverlängerung des Menschen ist also praktisch bereits in Angriff genommen und in neuester Zeit unter lebhaftester Anteilnahme des großen Publikums in wissenschaftlichen Schriften und in Tageszeitungen eifrig erörtert worden.

Merkwürdigerweise wurde aber die Lebensverlängerung der Pflanze bisher im Zusammenhange ausführlicher noch nicht behandelt; in den größeren Werken über Pflanzenphysiologie nimmt dieses in allgemein biologischer Hinsicht so wichtige Problem nur einen auffallend geringen Raum ein, obwohl darüber bereits mancherlei Beobachtungen vorliegen. Bei dieser Sachlage schien es mir wünschenswert, dieses interessante Problem auf Grund bisher bekannter Tatsachen und eigener Erfahrungen in einem eigenen Kapitel darzustellen und vielleicht der allgemeinen Biologie einen kleinen Dienst zu leisten.

Es gibt tatsächlich verschiedene Kunstgriffe, die Lebensdauer der Pflanze zu verlängern und diese wollen wir hier einer Betrachtung unterwerfen, wobei ich mich großenteils auf eine Zusammenstellung fremder und eigener Erfahrungen stützen werde, die bereits eine Reihe von Jahren zurückliegt[3]).

---

1) Hufeland, C. W., Makrobiotik oder die Kunst, das menschliche Leben zu verlängern. 5. Aufl. Wien 1832.

2) Metschnikoff, E., Beiträge zu einer optimistischen Weltauffassung. München 1908.

3) Molisch, H., Über die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern. Vorträge des Vereines z. Verbreitung naturw. Kenntnisse in Wien, 59. Jahrg., Heft 4. Wien 1919.

1.

Die möglichste Abhaltung aller Schädigungen.

Wenn von der Lebensverlängerung der Pflanze die Rede ist, so kann zweierlei gemeint sein: entweder es handelt sich um eine möglichste Hinausschiebung des Todes innerhalb der normalen Lebenszeit oder um eine Verlängerung über die normale Dauer hinaus.

Der erste Fall ist von geringerem Interesse, denn es versteht sich eigentlich von selbst, daß durch sorgfältige Abwehr von Schäden, also durch Gesunderhalten, das Leben der Pflanze bis zum normalen Ende erhalten werden kann. Schädigungen, die die Lebensdauer der Pflanze zu verkürzen geeignet sind, gibt es genug. Ich erinnere nur an den Mangel an Nahrung, Licht, Wasser, reiner Luft, an die zahllosen Parasiten aus dem Pflanzen- und Tierreiche, extreme Kälte und Hitze, an Blitzschlag, Orkane, Überschwemmungen und vieles andere. Alle diese Umstände können die Lebensdauer verkürzen und ihre Fernhaltung kann sie verlängern. In diesem Sinne kann man ebensogut von einer Makrobiotik der Pflanze sprechen, wie man seit Hufeland von einer Makrobiotik des Menschen redet.

Aber neben dieser Kunst, die Pflanze innerhalb ihrer normalen Lebenszeit bis zu ihrem natürlichen Ende gesund zu erhalten, interessiert uns bei weitem mehr diejenige, die darauf abzielt, das Leben über die gewöhnliche Dauer auszudehnen, da sie geeignet ist, einen tieferen Einblick in verschiedene Erscheinungen des Pflanzenlebens, unter anderem auch in den Prozeß des Alterns und der Altersschwäche zu gewähren.

2.

Die zeitweise Entziehung unumgänglich notwendiger Lebensbedingungen.

Das aktive Leben vollzieht sich nur dann, wenn bestimmte äußere Bedingungen erfüllt sind: Sauerstoff, eine gewisse Temperatur und Nährstoffe. Fehlt eines dieser Lebenserfordernisse, so steht das aktive Leben still und die Pflanze fällt, falls sie diesen abnormen Zustand längere Zeit zu überdauern vermag, in den Scheintod. Ein lufttrocken gewordenes Getreidekorn wächst nicht, assimiliert nicht, bewegt sich nicht und zeigt auch sonst kein Lebenszeichen. Wird es aber in feuchte Erde gesteckt und hat es Gelegenheit, bei günstiger Temperatur Wasser aufzunehmen, so keimt es, wächst, die daraus entstehende Pflanze blüht, fruchtet und stirbt noch im selben Jahre ab. Hätte ich das Korn länger, vielleicht mehrere Jahre vor Zufuhr von Wasser behütet, so hätte ich das Leben dieses im Samen befindlichen Embryos dementsprechend um Jahre verlängert. Die Keimfähigkeit des Samens dauert nur eine gewisse Zeit. So keimen Früchte von Gerste, Hafer und Weizen nach 10jähriger trockener Aufbewahrung noch zu 70 bis 90% und die Samen der Sinnpflanze, Mimosa pudica, sogar noch nach 60 Jahren. Unter normalen Verhältnissen würde der Embryo des Getreidesamens im feuchten Boden seine Entwicklung alsbald beginnen, im selben Jahre vollenden und als Individuum sterben. Durch die Verhinderung der Keimung aber infolge von Wasserentzug kann die Entwicklung auf Jahre hinausgeschoben und das latente Leben des Embryos um ein Bedeutendes verlängert werden. So wie der Gang

der Uhr durch Stillhalten des Pendels unterbrochen werden kann, ohne daß die Uhr dabei zerbricht, so kann auch das Leben fast vollständig sistiert und nach längerer Zeit wieder durch Einwirkenlassen der notwendigen Lebensbedingungen in Gang gesetzt werden.

So ist es auch bei zahlreichen Bakterien, Pilzsporen, Moosen, Zwiebeln, Brutknospen und Wurzelstöcken. Sie alle können das Austrocknen Monate, ja oft viele Jahre vertragen und dann, unter günstige Lebensbedingungen versetzt, aus dem Scheintod erwachen und ihre Lebensbahn vollenden.

Nach Nestlers[1]) Untersuchungen können einige sporenbildende Bakterien, Bacillus vulgatus, B. mycoides und B. subtilis, eine jahrzehntelange Austrocknung überdauern und sich durch mindestens 92 Jahre lebensfähig erhalten.

So wie durch Wasserentzug kann auch durch Ausschluß anderer Grundbedingungen des Lebens die Entwicklung hinausgeschoben werden, z. B. durch Kälte, Sauerstoff- oder Nährstoffmangel.

Wenn ein Fliederbäumchen im Herbste nach dem Laubfall in einen Eiskeller eingestellt und hier bei niederer, knapp über dem Eispunkt liegender Temperatur ein ganzes Jahr aufbewahrt wird, so wird das Austreiben verhindert, die Vegetation künstlich zurückgehalten und die Lebensdauer der in den Knospen eingeschlossenen Blütenanlagen, die sich unter normalen Verhältnissen schon im Frühjahr entwickelt hätten und nach der Blütezeit in einzelnen Teilen wie Blumenkronen und Staubgefäßen abgestorben wären, bis zu der Zeit verlängert, in der ich das Austreiben durch Überführung der Pflanze in günstige Temperatur gestatte.

In allen diesen Fällen handelt es sich um eine Einschaltung einer latenten Lebensperiode in den Entwicklungskreis der Pflanze, wodurch das Leben der Pflanze oder einzelner ihrer Teile verlängert wird.

3.
Die Verhinderung des Blühens und Fruchtens.

In unseren Gewächshäusern wird häufig eine Pflanze gezogen, der man den Namen „die hundertjährige Aloë“ gegeben hat (Fig. 13). Mit Unrecht, denn sie ist keine Aloë, sondern heißt richtig Agave americana und wird gewöhnlich auch nicht 100 Jahre alt. Sie spielt in ihrer Heimat Mexiko eine wichtige Rolle, weil sie nach dem Ausschneiden der ganz jungen Blütenstandsanlage massenhaft süßen Saft aus der Wunde ausscheidet[2]), der nach durchgemachter Gärung das Nationalgetränk der Mexikaner, die „Pulque“, liefert. In Mexiko wird die Pflanze nach 8 bis 10 Jahren blühreif, fruchtet und stirbt dann ab. In einem für sie ungünstigen Klima aber, z. B. an der italienischen, französischen Riviera oder an der dalmatinischen Küste, wo die Pflanze sich akklimatisiert hat, oder in unseren mehr nördlichen Gewächshäusern benötigt sie, je nach der ihr gebotenen Licht- und Wärmesumme 20, 40 bis 50, ja vielleicht bis 100 Jahre, bis sie sich anschickt, ihren gewaltigen Blütenstand zu entwickeln, zu fruchten und dann abzusterben. Dies ist wohl der Grund, warum man ihr den Namen der „100jährigen“ gegeben hat.

1) Nestler, A., Zur Kenntnis der Lebensdauer der Bakterien. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1910, Bd. 28, p. 7.

2) Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 5. Aufl. Jena 1922, p. 61.

Es gibt bekanntlich Pflanzen, die nur einmal in ihrem Leben blühen und fruchten und dann ihren Lebenslauf abschließen: Vogelmiere, Stellaria media, Ehrenpreis, Veronica hederifolia, Bingelkraut, Mercurialis annua, und dann solche, die zweimal, mehrmals oder vielmals fruchten, bevor sie dem Tode anheimfallen, wie die meisten Gehölze. Die ersteren hat Hildebrand[1]) die einmal fruchtenden (monokarpischen), die letzteren die mehrmals fruchtenden (polykarpischen) genannt.

Bei den monokarpischen Gewächsen — und dazu gehört auch die Agave — tritt nach der Blüten- und Fruchtbildung eine totale Erschöpfung ein. In der vor der Blüte der Agave ablaufenden Periode werden durch die mächtigen Blätter beständig Baustoffe erzeugt, die, sobald die Pflanze ihre endgültige Größe erreicht hat, als Reservestoffe für den künftigen gewaltigen Blütenstand aufgestapelt werden. Bevor nicht die dazu nötige Menge einmagaziniert ist, blüht die Pflanze nicht. In ihrer Heimat wird dieses Ziel schon verhältnismäßig früh, schon nach 8—10 Jahren, in unseren Gewächshäusern erst viele Jahre später erreicht, da unter den hier obwaltenden ungünstigeren klimatischen Verhältnissen die Assimilation viel langsamer vor sich geht und daher die für den Blüten- und Fruchtstand erforderliche Baustoffmenge erst in viel längerer Zeit beschafft werden kann. Mit dem Hinausschieben der Blütezeit geht aber Hand in Hand auch die Verlängerung des Lebens dieser Pflanze, denn ihr Lebensende ist ja an die Fruchtbildung und die damit verbundene gänzliche Erschöpfung der Vegetationsorgane geknüpft. Alle jene Umstände, die die Blütenbildung hinausziehen, helfen auch mit, das Leben der Agave zu verlängern.

Wenn Agave oder Corypha nach dem Blühen und Fruchten abstirbt, so nennt dies Doflein[2]) Stoffwechseltod. Ich halte diese Bezeichnung nicht für glücklich, da sie den Sachverhalt nicht scharf erfaßt. Stoffwechsel kommt in jeder aktiv lebenden Zelle vor, sowohl in jungen als auch in alten. Gewiß finden bei einer blühenden Agave oder Corypha Stoffwechselvorgänge statt, die mit dem Absterben zusammenhängen, denn all die Reservestoffe, die die erwähnten Pflanzen im Laufe der Jahre in ihrem Körper einmagazinierten, wurden zum Zwecke des Blühens und Fruchtens in kurzer Zeit mobilisiert, was sicher eine starke Steigerung des Stoffwechsels bedingt. Das Wesentliche aber bei dieser Art des Todes ist die Erschöpfung und das vollständige Auspumpen der Speicher. Die Fortpflanzungsorgane und die werdenden Blüten und Früchte reißen alles wertvolle Nährmaterial so gründlich an sich, daß den übrigen Organen nichts mehr übrig bleibt und diese daher sterben. Es entspricht daher diesem Sachverhalt viel besser, diese Art des Sterbens „Erschöpfungstod“ zu nennen. Auch das im Herbste vergilbende Blatt stirbt schließlich an Erschöpfung, weil die Chloroplasten ihr Eiweiß verlieren, desorganisieren und dadurch ihrer natürlichen Bestimmung der Assimilation entzogen werden[3]).

In seiner interessanten Abhandlung über den „Hungertod“ des Menschen und der Tiere kommt auch Pütter[4]) zu der Ansicht, daß,

1) Hildebrand, F., Die Lebensdauer und Vegetationsweise der Pflanzen, ihre Ursachen und ihre Entwicklung. Englers Botan. Jahrbuch f. Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie 1882, II. Bd., p. 56 u. d. f.

2) Doflein, F., l. c. p. 18.

3) Molisch, H., Über die Vergilbung der Blätter, l. c. p. 22.

4) Pütter, A., Der Hungertod. Die Naturwissenschaften 1921, p. 31—35.

wenn Strudelwürmer (Planarien) durch Hunger auf etwa $^1/_{300}$ ihrer anfänglichen Masse reduziert werden können, bis sie dem Hungertode anheimfallen, oder wenn Süßwasserpolypen (Hydra) durch Entziehung der Nahrung schließlich nur $^1/_{200}$ des Volums der frischen Hydra aufweisen, die Erschöpfung als Grund für das Lebensende anzusehen sei. Bei den Säugetieren ist der Hungertod nach Pütter auf die Schädlichkeit der gebildeten Stoffwechselprodukte, die nicht unschädlich gemacht und nicht ausgeschieden werden, zurückzuführen. Es tritt also eine Art Selbstvergiftung ein, wie ja dies von mir auch für die Pflanze angenommen wird. Es wäre eine dankbare Aufgabe, auch mit der Pflanze Hungerversuche anzustellen und die dabei zutage tretenden morphologischen, histologischen, chemischen und physiologischen Verhältnisse zu untersuchen, da darüber nur sehr wenig Erfahrungen vorliegen.

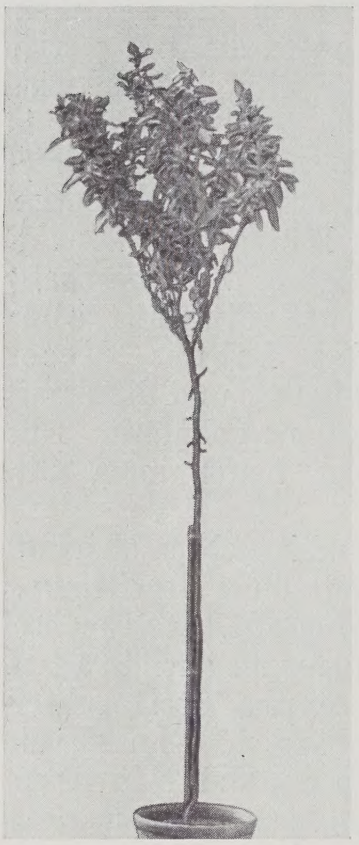

Fig. 17. Reseda odorata. Verlängerung der Lebensdauer durch Verhinderung des Blühens. Dreijährige Pflanze in Bäumchenform gezogen. Original.

Doflein hat auch auf die Erscheinung des plötzlichen Todes oder „Shocktodes" als eine besondere Art des Sterbens hingewiesen. Einem solchen Tod ist bekanntlich die Drohne der Honigbiene unterworfen. Sobald die Drohne bei der Begattung ihren Penis ausstülpt, stirbt sie fast augenblicklich. Auch bei Ameisen kann man einen Shocktod kurz nach der Begattung nach Doflein beobachten (p. 28).

Einen Shocktod kennen wir bei der Pflanze unter natürlichen Bedingungen nicht. Hier dauert es, wenn die Fortpflanzung eingetreten ist und danach ein Absterben eintritt, immerhin einige Zeit, bis der Tod erfolgt.

Die in unseren Gärtnereien so häufig gezogene Reseda odorata schließt unter den dargebotenen Bedingungen innerhalb einer Vegetationsperiode ihren Entwicklungskreis ab. Wird sie zeitlich im Frühjahr ausgesät, so kommt sie im Sommer zur Blüte und Frucht und stirbt im Herbste ab. Unterdrückt man aber die Blütenbildung, so kann man die Pflanze als Kronenbäumchen 2—3 Jahre am Leben erhalten. Um dies zu bewerkstelligen, werden schon bei dem jungen Sämling alle Seitentriebe und eventuell auftauchende Blütenanlagen sofort entfernt. Infolgedessen wird der Hauptstengel viel länger als gewöhnlich, er kann je nach Wunsch ½—2 m hoch werden; sobald er die gewünschte Höhe erreicht hat, kneipt man den Endsproß ab, läßt die Seitentriebe, aber nicht die Blüten, zur Entwicklung kommen und fährt damit so lange fort, bis sich eine dicht verzweigte Krone gebildet hat. Es hängt nun ganz von dem Experimentator ab, ob er die Pflanze zur Blüte kommen lassen will oder nicht; unterdrückt er die Blütenbildung durch fortgesetztes Auskneipen der erscheinenden Knöspchen, so kann das Leben der gewöhnlich einjährigen Pflanze auf mehrere Jahre ausgedehnt werden. Bei dieser Art der Kultur, die ich oft selbst durchgeführt habe, wächst

der Stamm beträchtlich in die Dicke, er verholzt und paßt sich seiner Aufgabe, die immerhin beträchtliche Krone mit Wasser und Nährsalzen zu versehen, nach Möglichkeit an (Fig. 17).

Um eine schöne Rasenfläche durch mehrere Jahre zu erhalten, ohne neue Samen auszusäen, wird der Rasen bekanntlich mehrmals im Jahre geschoren. Dadurch werden die Gräser, z. B. das Raygras, am Blühen verhindert, zum Austreiben neuer Seitensprosse gezwungen, die wieder, bevor sie zur Blüte gelangen, durch Scheren beseitigt werden; durch dieses fortgesetzte Verfahren erreicht man ein viel längeres, mehrjähriges Vegetieren des Rasens.

Auf ähnliche Weise konnte ich das Leben von Draba verna, Veronica arvensis, Petunia und Lobelia erinus verlängern.

Die genannte Lobelia ist eine wegen ihrer massenhaft erzeugten blauen Blüten sehr beliebte Teppichpflanze. Wird die als „Kaiser Wilhelm" bekannte Spielart im Januar gesät, im März pikiert und dann ins Freiland übertragen, so blüht sie im Juni bis Juli, wird dann gelb und stirbt ab. Wird sie aber vor der ersten Blüte geschoren, so macht sie neue Sprosse und wenn diese vor ihrer Blüte neuerdings geschoren werden, so halten sich solche Pflanzen blühend bis zum Herbst (Fig. 18). Bei gewissen Lobeliasorten läßt sich das Leben auf diese Weise sogar bis über den Winter verlängern. Ebenso verhält sich nach meinen Erfahrungen Petunia und ich zweifle nicht, daß noch andere einjährige Gewächse durch Unterdrückung der Blütenbildung mit der Schere und entsprechende Kultur zu zwei- und sogar zu mehrjährigen Pflanzen umgemodelt werden könnten.

Fig. 18. Lobelia erinus. Verlängerung der Lebensdauer durch Verhinderung des Blühens. Die Pflanze links starb im August nach dem Blühen vollends ab; die Pflanze rechts wurde, um das Blühen zu verhindern, während des Sommers zweimal mit der Schere kurz geschoren und war im Dezember noch am Leben. Original.

In dem zwar alten, aber an Erfahrungen reichen Buche von Reichart[1]) finde ich folgende auf den Wiener Goldlack bezugnehmende Stelle: „Wenn man einen Stock, der von Natur nicht zu Seitentrieben geneigt ist, im zweiten Jahre nicht zur Blüte kommen läßt, sondern diese immer wieder ausschneidet: so treibt er an der Spitze beblätterte Seitenzweige. Läßt man von diesen bloß die stärksten stehen und schneidet

1) Reichart, Chr., Land- und Gartenschatz. 6. Aufl., Grätz 1821. 5. Teil, p. 114.

die Blüte, in die er treiben will, ebenfalls aus, indem man bloß den stärksten Trieb an der Spitze fortwachsen läßt, so kann man auf diese Weise einen ansehnlichen Baum ziehen, dem, wenn er im dritten Jahre oder noch später blühen soll, die Seitentriebe gelassen werden müssen, welche dann mehrere schöne Blütentrauben liefern."

Es gibt eine Reihe von Pflanzen, die gewöhnlich in einer Vegetationsperiode ihre Entwicklung abschließen und dann absterben. Sät man sie aber im Herbst aus und überwintert sie, so blühen sie erst im Jahre nach der Aussaat und werden auf diese Weise zu sogenannten zweijährigen Gewächsen. Die Sommer-Levkoje (Matthiola), Cineraria cruenta, Calceolaria-Arten und andere gehören hierher.

Also: in all den angeführten Fällen wird durch die Verzögerung der Blütenbildung auch das Absterben hintangehalten und dadurch das Leben verlängert.

4.

Die Verhinderung der Bestäubung und Befruchtung.

Im vorhergehenden war stets die Rede von der Lebensverlängerung ganzer Individuen, es läßt sich aber leicht zeigen, daß auch die Lebensdauer einzelner Organe verkürzt oder verlängert werden kann. Durch die Befruchtung treten an der Blüte Veränderungen auf, die schließlich zur Ausbildung der Frucht führen. Die Eizelle entwickelt sich zum Embryo, die Samenanlage zum Samen und das anschwellende Fruchtknotengehäuse zur Fruchtwandung.

Sobald die Blüten ein gewisses Alter erreicht haben, welken sie oder sie werfen Blumenblätter und Staubgefäße ab. Bei den Blüten gewisser Pflanzen treten diese Erscheinungen sehr rasch, ja manchmal in überraschend kurzer Zeit nach der Bestäubung oder Befruchtung ein. Die Dauer der Blüte kann also eine sehr verschiedene sein, durch die Bestäubung kann sie verkürzt, durch Hinausschiebung der Bestäubung aber verlängert werden.

Oft bemerkt wurde diese Erscheinung bei gewissen Orchideen. Cattleya-Blüten welken schon einen Tag nach der Bestäubung und trocknen dann ab. Es tritt dies besonders bei solchen Orchideen auffallend hervor, deren Blüten eine lange Lebensdauer haben wie bei Phalenopsis und anderen. Während unbestäubte Blüten 1—2 Monate frisch bleiben, welken bestäubte schon nach 1—2 Tagen. Lehrreiche Beispiele fand Fitting[1]). Empfängnisfähige Blüten vom Storchschnabel, Geranium pyrenaicum, entblätterten sich infolge der Bestäubung nach der überraschend kurzen Zeit von durchschnittlich 1—1½ Stunden, die von Erodium Manescavi sogar nach 40—60 Minuten. Blüten vom Boretsch, Borago, sah Fitting 2½—7 Stunden nach der Bestäubung abfallen.

Andererseits kann aber durch die Befruchtung die Lebensdauer mancher Organe verlängert werden, so die der Fruchtknoten, der Samenanlagen und der Blütenstiele. Denn wenn die Blüten nicht bestäubt und befruchtet werden, fallen die ganzen Blüten ab.

---

1) Fitting, H., Untersuchungen über die vorzeitige Entblätterung von Blüten. Jahrb. f. wissensch. Botanik, 49. Bd. (1911), p. 187.

5.
Die längere Funktionsdauer.

In manchen Fällen gelingt es, ein Organ über die gewöhnliche Zeit hinaus in Funktion und eben dadurch viel länger am Leben zu erhalten, als dies normal der Fall wäre.

Das Blatt von Begonia rex wird in unseren Gewächshäusern gewöhnlich nicht älter als ein Jahr. Es ist mir aber mehrmals gelungen, den Blattstiel 2—3 Jahre in folgender Weise vor dem Absterben zu bewahren. Ein entwickeltes Blatt mit möglichst langem Blattstiel wird mit der Basis des Stiels in feuchten Sand gesteckt und so lange darin belassen, bis er

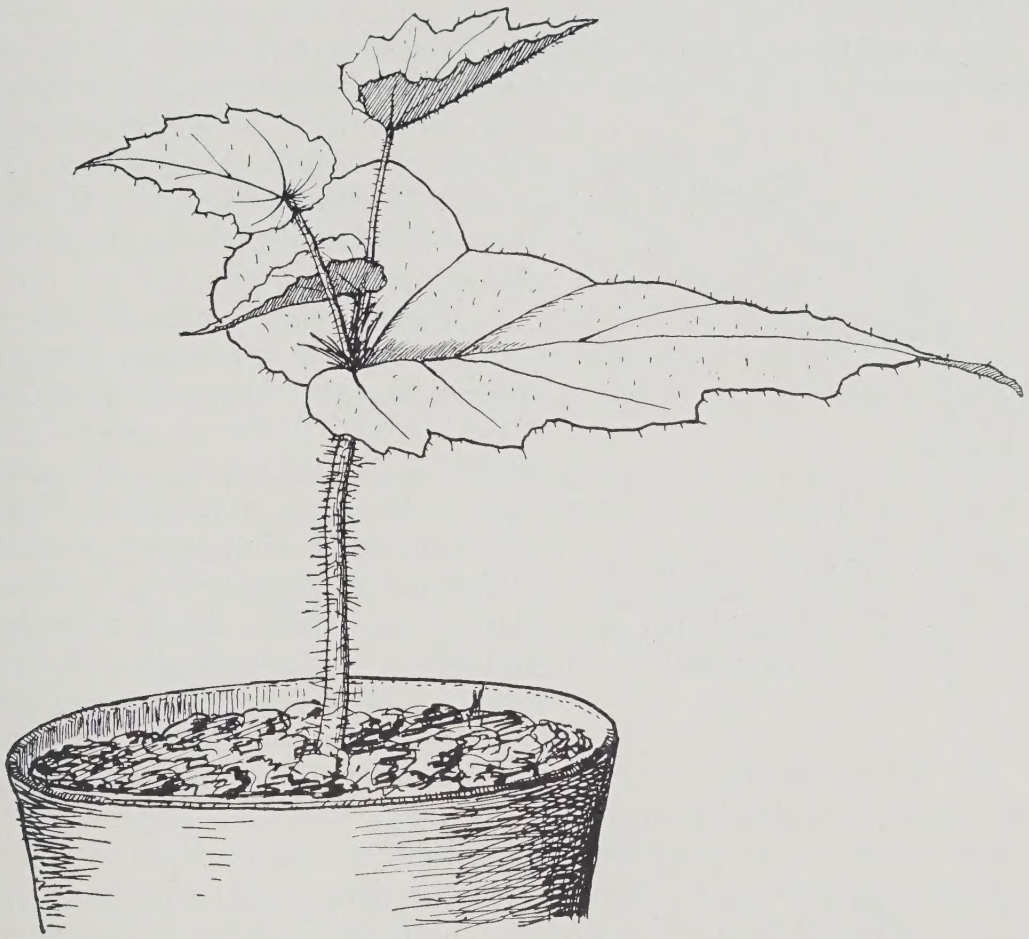

Fig. 19. Begonia rex. Blattsteckling. Der Blattstiel bleibt viel länger am Leben, wenn die Spreite einen Sproß entwickelt. Vgl. den Text. Original.

sich bewurzelt hat. Sodann wird der Blattsteckling in einen Blumentopf gepflanzt, der Blattstiel an einem aufrechten Stäbchen befestigt und dann sorgfältig weiter kultiviert. Nach einiger Zeit bilden sich aus der Blattspreite Sprosse, einer davon, am besten der, der in der Nähe der Einmündung des Blattstiels hervorbricht und gewissermaßen den Blattstiel fortsetzt, wird für die weitere Entwicklung ausgewählt, die anderen aber werden entfernt. Unter diesen Verhältnissen übernimmt der Stiel des Mutterblattes die Rolle des Stammes (Fig. 19). Der junge Sproß saugt Wasser und Nährsalze empor, diese müssen den Blattstiel durchwandern, der Blattstiel wird dadurch gut ernährt, leistungsfähig erhalten und bleibt infolgedessen viel länger am Leben, als wenn er nur Träger der Blattspreite ge-

blieben wäre. Auch Kny[1]) hat schon bei derselben Pflanze den Stiel eines isolierten Blattes zum Träger eines beblätterten Individuums gemacht und überdies gefunden, daß die Leitbündel dieses Stieles im Vergleich zu einem normalen Blattstiel wesentlich an Umfang zugenommen hatten.

Derselbe Versuch gelang Winkler[2]) mit der Scrophulariacee Torenia asiatica. Die Blätter dieser beliebten Gewächshauspflanze bilden, wenn sie mit ihrem Stiel in feuchten Sand gesteckt werden, nach der Bewurzelung alsbald mehrere bis viele Sprosse, die entweder an der Basis des Blattstiels, an diesem selbst oder an beliebigen Punkten der Blattspreite entstehen können. Werden nun alle vorhandenen Sprosse bis auf einen einzigen, auf der Blattlamina befindlichen entfernt, so gelingt es leicht, den Blattstiel in das Verzweigungssystem so einzuschalten, daß er als basales Achsenstück des Triebes dient.

Bei geeigneter Kultur konnte Winkler auf dem Blatte dichtbeblätterte buschige Exemplare von 30—40 cm erziehen. Ein Individuum trug an Haupt- und Seitenachsen im ganzen 36 wohl ausgebildete Blattpaare und viele Blüten, von denen viele Früchte mit zahlreichen, gut keimfähigen Samen lieferten.

Fig. 20. Aucuba japonica. Bewurzelter Blattsteckling. Original.

Diese interessante Kultur einer verhältnismäßig mächtigen Pflanze mit Blüten und Früchten auf einen Blattstiel als Basis führt zu zwei wichtigen Folgeerscheinungen: der Blattstiel erfährt, weil er in dauernder Funktion erhalten bleibt, eine höchst auffallende anatomische Umwandlung, er wird zum Stamm und seine Lebensdauer wird weit über das Normale hinaus verlängert. Winkler erblickt in der erhöhten Inanspruchnahme der Gefäße durch die Wasserleitung die Ursache der vermehrten Kambiumtätigkeit und der übernormalen Lebensdauer der benachbarten Zellen.

Wir behandelten jetzt zwei Beispiele, an denen Blätter von ihrer Blattspreite aus Sprosse zu entwickeln vermögen. Solche Fälle sind ziemlich selten. Häufig kommt es aber vor, daß sich Blätter bloß bewurzeln, aber keine Sprosse treiben können. Blätter von Efeu, Aucuba (Fig. 20), Camellia, Piper und anderen entwickeln ein starkes Wurzelsystem und, da sie fortwährend assimilieren, die Assimilate aber nicht ganz aufbrauchen, so werden sie auffallend dick und werden auch älter, als sie an ihrem natürlichen Orte, d. h. im Verbande mit dem Mutterstocke, geworden wären. Knight pflanzte Kartoffelblätter im Juli und August in Töpfe unter Glas. Sie bildeten Knollen und lebten bis zum Winter. Mer konnte Blattstecklinge vom Efeu 4—5 Jahre und Carrière ein Blatt der Wachsblume, Hoja carnosa, 7 Jahre am Leben erhalten[3]).

---

1) Kny, H., Über die Einschaltung des Blattes in das Verzweigungssystem der Pflanze. Naturw. Wochenschr. N. F. Bd. 3, 1904, p. 369—374.

2) Winkler, H., Über die Umwandlung des Blattstiels zum Stengel. Jahrb. f. wissensch. Botanik, 45. Bd. (1907), Heft 1.

3) Vgl. auch Mathuse, Beihefte d. bot. Zentralbl., Bd. XX, I., 1906.

Einen interessanten Fall von verlängerter Lebensdauer beschrieb DE VRIES[1]). Ein Blütenstandstiel von Pelargonium zonale entwickelte ausnahmsweise an seinem Gipfel eine Laubknospe und wurde, obwohl sonst einjährig, dazu bestimmt, jahrelang weiter zu leben und ein kräftiges Dickenwachstum zu zeigen. Zu diesem Zwecke schnitt DE VRIES den Stamm unmittelbar über dem Ansatz des Stieles ab, kultivierte ihn weiter und konnte ihn 3 Jahre am Leben erhalten, also 3mal so lang, als er unter normalen Verhältnissen gelebt hätte. Während dieser verlängerten Lebensdauer wurde der Stiel viel dicker, umgab sich ringsum mit Kork, erlitt auch sonst anatomische Veränderungen, die es ihm ermöglichten, die Rolle eines Stammes zu spielen. — Derselbe Forscher hat auch darauf aufmerksam gemacht, daß Gallen, die auf Blütenständen und Blättern vorkommen, infolge des Nahrungsstromes, dessen sie zu ihrer Entwicklung bedürfen und den sie aus den benachbarten Teilen an sich reißen, die befallenen Organe zu erhöhter Tätigkeit und stärkerem Dickenwachstum zwingen.

Die männlichen Kätzchen der Stieleiche fallen nach dem Verblühen alsbald ab. Enthalten die Kätzchen aber Gallen von Andricus-Arten (Gallwespen), so bleiben sie viel länger am Leben.

An den männlichen Kätzchen der Weide (Salix alba) treten häufig infolge der Einstiche von Blattläusen und Milben Mißbildungen in Form von Vergrünungen ein. Solche vergrünte Kätzchen werden oft 10 cm lang, tragen dicht behaarte Blätter und ihre Spindeln, die stark verholzen, fallen nicht ab.

Die Spindeln männlicher Blütenstände verschiedener Pflanzen bleiben, wenn sich zufällig darin auch einzelne weibliche Blüten entwickeln und diese befruchtet werden, viel länger am Leben, nämlich so lange als die weiblichen Blütenstände, während die Achsen normaler männlicher Blütenstände gleich nach der Verstäubung absterben. So bei Carex, Hopfen, Brennessel, Mais u. a. Über einen Sommer reicht die Dauer des Lebens allerdings nicht hinaus.

6.

Verschiedenes.

Eine Lebensverlängerung von Zellen kann man häufig auch an vergilbenden oder vergilbten Blättern beobachten, die von gewissen Insekten oder Pilzen besiedelt sind. Wir verdanken darüber RICHTER[2]) und einigen anderen Forschern, wie CORNU, KOCHS, CAVARA, TUBEUF und KÜSTER, interessante einschlägige Beobachtungen. Sobald die herbstliche Vergilbung des Laubes beim Ahorn (Acer pseudoplatanus) einsetzt und die gelb gewordenen Blätter sich von den Zweigen ablösen, kann man an ihnen grüne Inseln beobachten, die sich von der bereits vergilbten Umgebung scharf abheben und von einer die grünen Flecke umgebenden Löcherreihe umsäumt sind. Jede dieser grünen Inseln enthält ein grünes Räupchen und einen Kotballen. Die Oberhaut der Blattunterseite er-

1) DE VRIES, H., Über normale Entstehung sekundärer Gewebe. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, 22. Bd. (1891), p. 35.

2) RICHTER, O., Über das Erhaltenbleiben des Chlorophylls in herbstlich verfärbten und abgefallenen Blättern durch Tiere. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten, XXV. Bd. (1915), 7. Heft, p. 385.

scheint abgehoben und bildet über dem Miniergang ein gespanntes Häutchen. Das grün gefärbte Chlorophyllparenchym füllt bei frisch abgefallenen Blättern den ganzen Raum der Mine bis zu den ringförmig angelegten Fraßstellen aus. Von hier aus verzehrt die Raupe von außen nach innen ringförmig vordringend das grüne Parenchym.

Solche grüne Inseln im vergilbten Blatt kann man auch bei Ahornblättern beobachten, wenn sie von dem Pilz, Phyllactinia guttata, besiedelt sind. Nur da, wo der Pilz das Blatt durchwuchert, bleibt das Gewebe grün, während die pilzfreie Umgebung schon der Vergilbung anheimgefallen ist. In der Umgebung von Wien habe ich an den Blättern von Acer platanoides diese Erscheinung oft gesehen (Fig. 21).

Fig. 21. Acer platanoides. Vergilbtes Blatt mit grünen (in der Photographie dunklen), von einem Pilz besiedelten Flecken. Original.

Die in den Ahornblättern lebenden Räupchen gehören nach D. J. Werner einer Lithocolletis an. Auch an vergilbten Pappel- und Eichenblättern stellte Richter grüne Stellen in Form eines gewundenen Miniergang es fest, der seine langandauernde grüne Farbe der Einwirkung der Exkremente verdankt. Diese von dem Tiere — es handelt sich hier um Nepticuliden — in Anspruch genommenen Stellen bleiben noch lange am Leben, während die Umgebung schon abgestorben ist.

Nach Richter unterbleibt in den Minierflecken die Vergilbung, weil die Abbauprodukte des Chlorophylls infolge der Zerstörung der Leitungsbahnen nicht abgeleitet werden können. Wo die Leitungsbahnen unverletzt bleiben, handelt es sich nach dem genannten Autor um die Ausscheidung gewisser Stoffe durch das Tier oder bei Pilzflecken durch den Pilz.

Stahl[1]) hat gezeigt, daß, wenn Blätter, die im Begriffe stehen zu vergilben, eingeknickt oder teilweise durchschnitten werden, oberhalb der Knickung oder der Schnittwunde längere Zeit grün bleiben im Gegensatz zu den darunter liegenden Teilen. Von besonderem Interesse sind die Versuche Stahls, in denen er zeigt, daß die aus noch grünen, aber der Verfärbung entgegengehenden Blättern herausgestanzten Rundel lange Zeit grün bleiben, während in den übrigen Teilen der Spreite die Vergilbung schon eingetreten ist (Fig. 22).

Alle diese Versuche sprechen dafür, daß da, wo das Chlorophyll länger erhalten bleibt, infolge der gehinderten Ableitung der Abbau- und Assimilationsprodukte eine Anhäufung dieser eintritt, die zu einer

1) Stahl, E., Zur Biologie des Chlorophylls usw. Jena 1909, p. 132—139.

besseren Ernährung der Zellen und infolgedessen zu einer Lebensverlängerung führt.

Wie Carara berichtet, bleiben im botanischen Garten zu Neapel die von einer Blattlaus angestochenen Blätter der Eiche, Quercus castaneaefolia C. A. Mey., nicht nur am Zweige lange Zeit hängen, sondern behalten auch ihre grüne Farbe im Gegensatz zu unversehrten Blättern, die schon viel früher gelblich bis braungelb werden[1]).

Einen interessanten Fall, in dem Zellen des Buchenblattes durch ein

Fig. 22. Philadelphus grandiflorus. Die aus noch grünen, aber der Verfärbung entgegengehenden Blättern herausgestanzten Rundel sind grün geblieben, während in den übrigen Teilen der Spreite die Vergilbung fortgeschritten ist. Nach Stahl.

gallenerzeugendes Tier langlebiger werden, teilt Küster[2]) mit: „Diejenigen Blätter, welche von Oligotrophus annulipes infiziert worden sind.... bleiben an den über den Gallen liegenden Stellen noch lange grün, nachdem die übrigen Teile schon gelb oder braun geworden und die Blätter zu Boden gefallen sind. Die Gallen wirken als Sperrungen in den Leitbahnen; sie wirken ebenso wie die Einschnitte, welche Stahl durch die

1) Carara, Fr., Intorno agli effetti dell' azione irritante delle Cocciniglie sui tessuti assimilatori in: Rendic. Acad. sc. fis. e matem., Napoli 1908, p. 2. Ein Referat darüber in Just, Botan. Jahresbericht 1908, Jahrg. 36, p. 607.

2) Küster, E., Die Gallen der Pflanzen. Leipzig 1911, p. 376.
Siehe ferner Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie, 3. Aufl. 1925, p. 272.

Nerven seiner Versuchsobjekte legte: der oberhalb des Einschnittes liegende Teil der Spreite bleibt grün, wenn der andere vergilbt. Die Grenzen zwischen gelben und grünen Spreitenteilen sind bei den von Oligotrophus infizierten Buchenblättern nicht minder scharf als an den von Stahl operierten Gingko-Blättern."

Küster teilt am erwähnten Orte auch Fälle mit, in denen gewisse Teile von Blättern abnorm lange grün bleiben, ohne daß man mit freiem Auge etwas von einer Leitbündelsperre bemerkt. So sieht man an Juglans-Bäumen hier und da einzelne Blätter vergilben. Wenn sie Gallen des Eriophyes tristratus var. erinea tragen, bleiben diese grün und sind es noch nach dem Blattfall.

An Zitronen, die in Wien auf den Markt kommen, habe ich auf der gelben Schale mehr oder minder zahlreiche runde oder ellipsoidische Flecke von tiefgrüner Farbe mit einem weißlichen Punkte in der Mitte beobachtet (Fig. 23). Der weiße Punkt entspricht einer Schildlaus, die die benachbarten Zellen derart beeinflußt, daß das die Saugstelle umgebende Gewebe der Schale länger grün bleibt. Ob hier Wundstoffe der verletzten Zellen oder Ausscheidungen des Tieres oder das reichlichere Zuströmen von Nährstoffen zur Wundstelle die längere Erhaltung der Chlorophyllkörper veranlassen, wage ich ohne darauf gerichtete spezielle Versuche nicht zu entscheiden[1]).

Fig. 23. Reife, gelbe Zitronenfrucht mit grünen (in der Photographie dunklen) Flecken, hervorgerufen durch den Stich von Schildläusen. Original.

Es wurde bereits früher bemerkt, daß grüne Stellen in vergilbten Ahornblättern durch Pilze bedingt sein können.

Cornu[2]) hat mehrere solcher Beispiele angegeben: Die Ahorne sind oft an der Unterseite der Blätter von der Erysiphe guttata besetzt. Im Herbste vergilben die Blätter und fallen ab. Die von dem Pilze eingenommenen Teile bleiben aber selbst an den abgefallenen Blättern noch mehrere Wochen grün.

Ähnliches beobachtete Cornu auch an Blättern des Birnen-, Apfel- und Vogelbeerbaumes, wo die grünen Flecke durch Cladosporium dendriticum Wallr. veranlaßt wurden. Ferner beim Kohl, bedingt durch Cystopus candidus und beim Weinstock durch Peronospora viticola. In allen diesen Fällen wirkt der Pilz, obwohl ein Parasit, auf die nächste Umgebung so ein, daß hier die Zellen ihre Chlorophyllkörner und ihre aktive Lebens-

1) Vgl. auch Kochs Beiträge zur Einwirkung der Schildläuse auf das Pflanzengewebe. Jahrb. d. Hamburger wiss. Anstalt 1900, **17**, 3. Beih.

2) Cornu, M., Prolongation de l'activité végétative des cellules chlorophylliennes sous l'influence d'un parasite. Compt. rend. d. l'Academie des scienc. Paris 1881, p. 1162.

tätigkeit länger behalten. Dieser Einfluß erinnert lebhaft an die Einwirkung von Bakterien und Fadenpilzen auf Bakterien, wie aus folgenden Beobachtungen, die ich seinerzeit gemacht habe, hervorgeht[1]): „Eine Platte von Salzpeptongelatine mit sehr vielen dichtgelagerten Kolonien von Bacterium phosphoreum leuchtet in den ersten Tagen sehr stark, dann beginnt die Kultur wegen Mangels an Leuchtnahrung zu erlöschen. Öffnet man jetzt die Schale auf einige Minuten, so daß Luftkeime hineinfallen, so entwickeln sich gewöhnlich in den folgenden Tagen kleine isolierte Räschen von Penicillium, Aspergillus und Kolonien verschiedener Bakterien. Im Finstern betrachtet, erscheint jeder Rasen und fast jede Kolonie samt ihrer nächsten Umgebung als ein intensives Lichtfeld auf dunklem Grunde. Penicillium und die anderen genannten Pilze peptonisieren die Gelatine und verändern damit das Substrat derart, daß Lichtnahrung entsteht, die in die Bakterien eindringt und hier Lichtentwicklung ermöglicht. Den Lichtfeldern folgen dann häufig Wuchsfelder. Also nicht bloß Spalt- und Hefepilze, sondern auch höhere Pilze vermögen die Leuchtkraft der Photobakterien zu beeinflussen, indem sie durch bestimmte Veränderungen des Substrates geeignete Bedingungen zum Leuchten schaffen.“ So ähnlich mögen bei den grünen Inseln der vergilbten Blätter die Pilze auf ihre nächste Umgebung wirken, indem sie entweder die nächsten Zellen des Wirtes mit gewissen Ausscheidungen versehen oder den Abfluß der Assimilate hindern und diese daher, soweit sie vom Pilz nicht selbst ausgenützt werden, den Zellen der nächsten Nachbarschaft zugute kommen lassen. Auch ist es möglich, daß der Pilz ein Attraktionszentrum für Nährstoffzufuhr wird. Durch alle diese Umstände kann die Lebensenergie und ihre Lebensdauer gefördert werden.

Schließlich sei angeführt, daß noch durch folgende Kunstgriffe das Absterben mancher Pflanzenteile oder ganzer Pflanzen einige Zeit hinausgeschoben werden kann. Es gibt Obstbäume, die zwar oft blühen und auch mitunter kleine Früchte ansetzen, die aber vor der Zeit Blüten und Früchte abwerfen. Werden solche Bäume geringelt, d. h. wird am Stamm oder Ast die Rinde in Form eines Ringes abgetragen, so werden die in den Blättern gebildeten organischen Stoffe bei ihrem Herabwandern an der Ringelwunde gestaut, sie können nicht weiter und häufen sich daher oberhalb der Wunde an. Dies führt zu einer überaus günstigen Ernährung der Blüten und jungen Früchte und verhindert ihr Abfallen. Hier wirkt die gute Ernährung lebensverlängernd.

Auch die Pfropfung kann von Einfluß auf die Lebensdauer werden. Die Pistazie, Pistacia vera, erreicht als Sämling ein Alter von höchstens 150 Jahren, auf P. Terebinthus veredelt, ein Alter von 200 und auf lentiscus nur eines von etwa 40 Jahren.

Ein normaler Apfelbaum, Pirus malus, kann 200 Jahre, auf Malus paradisiaca gepfropft aber nur 15—25 Jahre alt werden.

Durch Versuche von Lindemuth[2]) wurde auch dargetan, daß einjährige Sprosse von Stauden und einjährigen Pflanzen durch Verwachsung mit Gehölzen länger lebensfähig erhalten werden können. Besonders interessant in dieser Hinsicht war der Versuch, in dem er auf den einjährigen,

1) Molisch, H., Leuchtende Pflanzen. 2. Aufl. Jena 1912, p. 121.

2) Lindemuth, H., Das Verhalten durch Kopulation verbundener Pflanzenarten. Ber. d. deutsch. botan. Ges., 19. Bd. (1901), p. 526.

krautigen Stengel der Malvacee Modiola caroliniana einen Sproß des ausdauernden Abutilon Thompsoni veredelte. Das Abutilon-Reis trieb nach der Verwachsung so üppig, daß es bald an die Glasscheiben des Gewächshauses stieß und wiederholt gekürzt werden mußte. Das strauchartige Abutilon lebte im Verbande mit der Modiola, dem für gewöhnlich einjährigen Kraute, 3 Jahre und 5 Monate! Die Lebensdauer der einjährigen Modiola wurde also um etwa 2½ Jahre erhöht! Es wäre wünschenswert, daß dieser Versuch in größerer Zahl wiederholt würde, um festzustellen, ob Hand in Hand mit dieser Verlängerung der Lebenszeit auch anatomische Veränderungen des Stengels vor sich gehen und ob es bei vorsichtiger Kultur nicht gelänge, die einjährige Modiola als Pfropfunterlage noch länger am Leben zu erhalten, als es in dem geschilderten Versuche der Fall war.

Den Winterknospen von Hydrocharis morsus ranae ist eine autonome Ruheperiode von etwa 3 Monaten (September bis Dezember) eigentümlich, die mit den üblichen Treibmethoden bisher nicht wesentlich abgekürzt werden konnte. Wisniewski[1]) hat gezeigt, daß sie nach Ablauf der Ruheperiode nur im Lichte zu keimen vermögen. Hält man die Knospen im Finstern, so kann man sie jahrelang, wie Simon[2]) gefunden hat, 4 Jahre und vielleicht noch länger im Ruhezustand erhalten, auf diese Weise über das Normale hinaus am Leben erhalten und ihr Leben verlängern.

Über die Lebensverlängerung der Keimblätter machte ich folgende Beobachtungen. Wenn man eine Bohne (Phaseolus multiflorus) keimen läßt und am Lichte weiterzieht, so werden die Kotyledonen, die anfänglich mit Reservestoffen in Form von Stärke und Eiweiß prall gefüllt sind, nach und nach entleert, indem die Reservestoffe zum Aufbau des Wurzelsystems und der ersten Blätter verwendet werden. Nach 2—4 Wochen, je nach den Vegetationsbedingungen, schrumpfen sie völlig zusammen und vertrocknen, wenn sie auf trockenen Boden oder verschimmeln, wenn sie auf feuchte Erde fallen. Ihr Leben im aktiven Zustande dauert unter normalen Bedingungen verhältnismäßig kurz, gewöhnlich nur etwa 3 Wochen. — Man kann aber das aktive Leben dieser Bohnenkeimblätter auf viele Monate hinaus verlängern, wenn man ihre Entleerung verhindert und überdies dafür sorgt, daß sie ausgiebig Kohlensäure assimilieren können.

Dies erziele ich einfach dadurch, daß ich das Epikotyl an seiner Basis, wo es zwischen den beiden Kotyledonen entspringt, frühzeitig wegschneide und die aus ihren Achselknospen entstehenden Triebe gleich bei ihrem ersten Erscheinen mit dem Messer entferne. Nach dieser Operation beginnen die Kotyledonen am Lichte alsbald zu ergrünen und behalten, obwohl die geköpfte Pflanze ein kräftiges Wurzelsystem bildet, nicht nur ihre Prallheit und große Turgeszenz bei, sondern sie werden auch sichtlich größer als sie waren. Schon van Tieghem[3]) hat die Beobachtung gemacht, daß isolierte Keimblätter von der Sonnenrose (Helianthus annuus) und anderen Pflanzen sich bewurzeln, vergrößern und ergrünen können, allein es fiel

---

1) Wisniewski, P., Beiträge zur Kenntnis der Keimung der Winterknospen der Wasserpflanzen. Bull. Acad. Sc. Cracovie. Cl. Sc. Math. Nat. B. 1912, p. 1045.

2) Simon, S. V., Zur Keimungsphysiologie der Winterknospen von Hydrocharis morsus ranae L. usw. Jahrb. f. wiss. Bot., 68. Bd., 2. Heft, 1928, p. 149.

3) van Tieghem, Ph., Recherches physiologiques sur la germination. Ann. scienc. nat. V. sér., Botanique I, XVII. Paris 1873, p. 205.

ihm, wahrscheinlich weil er die Versuche nicht genügend lange andauern ließ, nicht auf, daß sie isoliert viel länger leben.

Wenn die Kotyledonen der von mir operierten Pflanzen, trotzdem sie ein sehr kräftiges Wurzelsystem ausbilden, wachsen und ganz prall bleiben, so erklärt sich dies einfach daraus, daß sie nicht nur einen großen Reservevorrat an Baustoffen enthalten, sondern diesen auch durch die Kohlensäureassimilation beträchtlich vermehren oder ergänzen. Es wird offenbar im Lichte mehr assimiliert als von den Wurzeln in Anspruch genommen wird. Es geht dies auch daraus hervor, daß auch das Hypokotyl bei den geköpften Keimpflanzen eine ganz auffallende Dicke, die das Zwei- bis Dreifache der normalen betragen kann, erreicht.

Die operierte Keimpflanze weiß nicht, was sie mit den angehäuften Nährstoffen beginnen soll, daher sieht sie sich veranlaßt, fortwährend Versuche zu unternehmen, immer wieder von neuem aus dem Gewebe der entfernten Achselknospen neue Knospen zu erzeugen. Kaum hat man diese entfernt, kommen schon nach wenigen Tagen neue Knospen hervor und dieser Vorgang der Regeneration kann sich so oft wiederholen als das Wegschneiden der Adventivknospen durchgeführt wird. Die Kotyledonen selbst aber können keine Laubknospen ausbilden.

Indem ich also dafür sorgte, daß die Reservestoffe und neu gebildeten Stoffe nur zum geringen Teil abgeleitet und durch Assimilation noch ergänzt wurden, blieben die tiefgrünen Keimblätter ganz gegen ihr gewöhnliches Verhalten viele Monate (4—6) am Leben und in voller vegetativer Tätigkeit.

Unter normalen Verhältnissen werden die Kotyledonen in verhältnismäßig kurzer Zeit erschöpft, indem sie alle ihre Baustoffe der wachsenden Pflanze zur Verfügung stellen; in meinen Versuchen hingegen werden sie als beati possidentes von Reservestoffen und als Kohlensäureassimilations-Organe in geradezu ausgezeichneter Weise ernährt und diese Fülle von Nahrung erhält sie erstaunlich lange am Leben. Aber auch ihre Stunde hat geschlagen, denn noch zu einer Zeit, da sie von Reservestoffen noch reichlich erfüllt sind, beginnen sie, manchmal unter Vergilbung, zu faulen und sterben ab.

Ähnlich wie die Keimblätter der Feuerbohne verhalten sich die von Helianthus annuus, Ricinus communis, Fagus silvatica, Impatiens parviflora, Mimosa pudica, Acer sp., Pisum sativum und Cucurbita pepo. Bei allen tritt eine mehr oder minder beträchtliche Vergrößerung nach Breite und Dicke, häufig auch eine intensivere Grünfärbung und Hand in Hand damit eine auffallende Lebensverlängerung ein. Diese kann das 3—7fache der normalen Lebensdauer betragen. Hier ist wohl zweifellos die ausgezeichnete Ernährung die Ursache der weit über das Normale hinausgehenden Lebensdauer.

So wie es durch bestimmte Versuche gelingt, das Leben der Pflanze oder ihrer Organe zu verlängern, so kann auch umgekehrt das Leben verkürzt werden. Bei den Getreidearten unterscheidet man „kurzlebige" Sommerformen und „langlebige" Winterformen. Unter natürlichen Verhältnissen lebt der Winterroggen etwa 10 Monate, der Sommerroggen aber nur 4. Wenn man aber Winterroggen gegen die Regel erst im Frühjahr aussät, so blüht er bis zum Herbste nicht. Er vollendet aber auch bei Frühjahraussaat seine Vegetation bis zur Frucht, wenn seinem „Kälte-

bedürfnis" dadurch Rechnung getragen wird, daß man die Keimlinge entweder gleich nach ihrem Erscheinen oder erst einige Zeit nach der Aussaat der Kälte aussetzt. Es wird daher die Lebensdauer des Wintergetreides durch eine 2—3 wochenlange Einwirkung winterlicher Temperatur stark abgekürzt (Gassner, G., 1918).

Pater[1]) ist es gelungen, zweijährige Arzneipflanzen in einjährige umzuwandeln. Werden die Blätter von Conium maculatum im ersten Vegetationsjahr frühzeitig abgemäht, so treiben die Pflanzen wieder kräftig aus und bringen schon im 1. Jahre Blüten und Früchte hervor. Die für gewöhnlich zweijährige Pflanze verhält sich infolge der Mahd wie eine einjährige und treibt im 2. Jahre nicht mehr aus. Dieser Versuch hat auch praktische Bedeutung, weil er lehrt, daß man schon in einem Jahre erreicht, was unter normalen Verhältnissen erst in 2 Jahren erreicht werden kann. Dupuy[2]) gibt an, daß den Einjährigen nur ein Viertel bis ein Sechstel der normalen Lebensdauer der gleichen Arten des Kontinents zukommt.

In manchen Fällen kann auch durch Pfropfung eine Verkürzung der Lebensdauer erzielt werden. Will man Äpfel als Zwergbäumchen ziehen, so pfropft man sie auf Malus paradisiaca. So erreichen diese nur ein Alter von 15—20 Jahren, während ein normaler Apfelbaum bis etwa 200 Jahre alt wird[3]).

Rückblick.

Aus unseren bisherigen Betrachtungen geht zweifellos hervor, daß sich das Leben der Pflanze und auch das ihrer einzelnen Teile in vielen Fällen durch verschiedene Mittel verlängern läßt. Und nun wollen wir uns fragen, welche Ursachen eigentlich zu einer Verlängerung des Lebens führen und ob die auf so verschiedene Weise erzielte Lebensverlängerung sich nicht in letzter Linie nur auf einige wenige Ursachen zurückführen läßt.

Bei der Ausdehnung des Lebens durch Unterbindung des aktiven Lebens, wie sie bei der Versetzung der Pflanze in den Scheintod gegeben ist (s. p. 122), liegt wohl die Sache klar; hier wird das Leben einfach auf einige Zeit unterbrochen und durch Wiedereinführung der ausgeschalteten Lebensnotwendigkeit wieder in Gang gesetzt. Die aktiv lebende Pflanze gleicht einer gehenden, die scheintote einer aufgezogenen, aber arretierten Uhr.

Bei nur einmal fruchtenden Pflanzen hängt das Alter, das die Pflanze schließlich erreicht, mit der Blütezeit auf das innigste zusammen. Unter normalen Verhältnissen schiebt ein solches Gewächs die Blüte- und Fruchtbildung so lange hinaus, bis es durch die Tätigkeit seiner Blätter einen genügenden Vorrat an plastischen Stoffen erzeugen kann oder aufgespeichert hat. Nach der Fruchtbildung geht es durch Aufbrauch dieser Reservestoffe zugrunde.

Wenn man aber die Blütenbildung durch irgendwelche Eingriffe, sei es durch mangelhafte Belichtung, durch bestimmte Temperatur, sei es durch größere Feuchtigkeit des Bodens und der Luft verhindert, bewahrt man die Pflanze vor dem Tode und schiebt ihn hinaus. Sobald sie aber blüht und fruchtet, werden die organischen Speicher vollständig ausgeleert

---

1) Pater, Zeitschr. f. Pflanzenzüchtung, I. 1913. Zitiert nach Weber, F., l. c. p. 454.

2) Dupuy, Botan. Zentralbl., Bd. 99, p. 50.

3) Vgl. auch Jost, Pflanzenphysiologie 1913, p. 451.

und aufgebraucht, oft ist damit auch eine Vergilbung der Blätter oder der ganzen Pflanze verknüpft, die Chlorophyllkörner werden zerstört und ihr Eiweiß wandert nach den Samen aus. Der Chlorophyllkörner nunmehr beraubt, kann das gelbgewordene Blatt nicht mehr normal fungieren und als Ernährungsorgan dienen und daher geht die Pflanze nach der Reife der Samen zugrunde.

Der Fall, daß ein funktionslos gewordenes Organ dem Tode verfällt, läßt sich ja auf Schritt und Tritt beobachten. Ein Blattstiel seiner Spreite beraubt, ein Blütenstiel von seiner Blüte getrennt, stirbt oder fällt ab; eine Ranke, der es nicht glückt, eine Stütze zu fassen, verkümmert, Blätter, die nicht beleuchtet und ihrer natürlichen Bestimmung entzogen werden, gehen zugrunde, mit anderen Worten: Organe, die ihrer natürlichen Bestimmung nicht nachgehen können, sterben früher ab. Wenn aber ihre Funktionsdauer durch künstliche Eingriffe über das Normale ausgedehnt oder sogar gesteigert wird, so wird, worauf auch schon DE VRIES aufmerksam gemacht hat, ihr Leben verlängert. So ist es bei dem in das Zweigsystem eingeschobenen Blütenstiel, bzw. Blattstiel von Pelargonium, Begonia, Torenia, bei den knospenlosen Blattstecklingen und bei den gallentragenden männlichen Blütenspindeln der Brennessel, des Hopfens und des Mais. Und wenn in manchen Fällen mit der Pfropfung einer mehrjährigen Pflanze auf eine einjährige (Abutilon auf Modiola) die einjährige mehrjährig wird, so handelt es sich auch hier um eine dem einjährigen Modiolastengel aufgezwungene Funktionsdauer. Das Abutilonreis zieht durch den Stengel der Modiola das Wasser und die darin gelösten Mineralsalze hindurch und zwingt ihn, seine Aufgabe länger als gewöhnlich fortzusetzen.

Mit dieser Steigerung und Verlängerung der Funktion ist auch eine reichlichere Ernährung verknüpft. Eine solche wird auch beim Ringeln oberhalb der Ringelwunde in dem Geäste erzielt und durch die Anhäufung von wertvollem plastischen Material wird das vorzeitige Abfallen der Früchte verhindert.

Schlechte Ernährung hingegen verkürzt das Leben, denn hungernde Blätter vergilben bald und verfallen einem frühzeitigem Tode.

In der Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern, stehen wir, obwohl bereits mannigfache Erfahrungen vorliegen, allerdings erst am Anfange. Je mehr aber die Wissenschaft vorschreitet, desto mehr lernen wir durch das Experiment die Pflanze beherrschen und somit ist begründete Aussicht vorhanden, daß auch die Makrobiotik der Gewächse große Fortschritte, aber nur bis zu einem bestimmten Grade, machen wird, denn schließlich vernichtet, abgesehen von den Einzelligen, der Tod doch jedes Pflanzenleben, mag es sich nur um eine nur einen Tag währende Blüte, um ein einjähriges Kraut oder um einen mehrtausendjährigen Baumriesen handeln. In der auf- und absteigenden Entwicklung stellt auch der Tod nur einen Abschnitt dar: Das Ende. Die Worte JAKOB GRIMMS in seiner gedankenreichen Rede über das Alter: „Alles, was begonnen hat, muß auch aufhören, den Stab, denn du oben fassest, unten geht er zu Ende", gelten in der Regel auch für die Pflanze.

IV.

Verjüngung.

Mit der Verlängerung des Lebens der Pflanze im Zusammenhange stehen häufig die Erscheinungen, die man als „Verjüngung" zu bezeichnen pflegt und die daher kurz berührt werden sollen.

Das Wort „Verjüngung" wird bei verschiedenen Erscheinungen des Pflanzenlebens verwendet. Man spricht z. B. von Zellverjüngung, wenn, wie dies bei gewissen Algen, Oedogonium, Vaucheria u. a. der Fall ist, die alte Zellhaut aufklappt, der alte Protoplast sich abrundet, als nackte Schwärmspore ausschlüpft, längere Zeit herumschwärmt, zur Ruhe gelangt, sich mit einer neuen Haut umgibt und dann wieder zu einem neuen Zellfaden auskeimt.

Die Protoplasten der sich bildenden Moos- und Farnsporen und der Pollenkörner der Blütenpflanzen umgeben sich innerhalb ihrer umhäuteten Mutterzellen mit eigener Zellhaut und werden auf diese Weise selbständig, während die alten Zellhäute zugrunde gehen. Auch in diesem Falle spricht man von Zellverjüngung. Dem Gärtner ist das Wort Verjüngung gleichfalls geläufig[1]). Fängt ein Baum zu altern an und verläuft sein Wachstum nur mehr träge, so kann diesem Zustande für einige Zeit dadurch abgeholfen werden, daß man Äste und Zweige auf 1—2 Drittel ihrer Länge zurückschneidet. Dadurch werden schlafende Knospen geweckt, bilden kräftige, raschwachsende Triebe und tragen auf diese Weise zum neuen Aufbau der Krone, zur „Verjüngung", bei.

Verschiedene Gehölze entwickeln neben mäßig oder träge wachsenden, ungemein kräftig emporschießende, stark geotropische Sprosse, die den schwächeren Nachbartrieben den Nahrungsstrom entziehen und an sich reißen. Indem man in der Obstbaumzucht diese energisch sich entwickelnden Sprosse, vom Praktiker „Räuber" oder „Wasserschoße" genannt, beim Beschneiden schont, wird die Verjüngung der Krone gefördert. „Manche Bäume" — sagte ich[2]) — „lassen sich sogar ein radikales, alljährliches oder oftmaliges Zurückschneiden bis nahe auf den Grund der Hauptäste (Aesculus, Robinia) oder ein regelrechtes Köpfen (Weide) gefallen und beantworten dieses im wahren Sinne des Wortes einschneidende Verfahren mit dem Austreiben aufrechter starker Triebe, die in kurzem eine neue, stattliche, verjüngte Krone aufbauen. Diese rasche Wiederherstellung des Zweig- und Astsystems erklärt sich aus dem großen Vorrat

---

1) Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 5. Aufl. 1922, p. 175.

2) Molisch, H., l. c. p. 176.

an Reservestoffen in Form von Stärke, Fett und Eiweiß, der im Stamme aufgestapelt war und nun auf einmal den jungen Zweigen zugute kommt."

Betrachten wir weiter die Heilung von Wunden, so tritt uns auch hier die Verjüngung, und zwar die der Zelle besonders deutlich entgegen. Hierzu ein Beispiel. Eine Kartoffelknolle wird halbiert und die beiden Hälften werden sodann in einem feuchten Raume am besten unter einer Glasglocke aufbewahrt. Die knapp unter den aufgeschnittenen Zellen der Wundfläche liegenden stärkereichen Parenchymzellen sind Dauerzellen, sie wären es unter normalen Verhältnissen auch zeitlebens geblieben, wenn nicht der Wundreiz sie veranlaßt hätte, sich zu teilen, nach und nach ein Meristem und aus diesem eine Peridermschicht zu bilden, die die Wundfläche in ausgezeichneter Weise abschließt. Durch die Verletzung wurden die Dauerzellen auf einen früheren Entwicklungszustand, gewissermaßen auf einen embryonalen Zustand zurückgeworfen, sie wurden wieder, was sie einst waren, Meristemzellen; mit anderen Worten, sie wurden verjüngt. Gerade der letztere Fall zeigt uns so recht deutlich, was man unter Verjüngung zu verstehen hat: Es ist die Rückkehr eines älteren Zustandes zu einem früheren.

Alexander Braun[1]) faßt den Begriff der Verjüngung ähnlich, nur viel weiter auf, indem er sie als „das Aufgeben bereits erreichter Gestaltungen und das Zurückgehen zu neuen Anfängen" ansieht. In seinem der Verjüngung gewidmetem Werke gibt Braun eine große Reihe einschlägiger Beobachtungen, und solange es sich um solche und Tatsachen handelt, wird man dem Autor gerne folgen, nicht aber wenn er sich in naturphilosophischen Gedankengängen seiner Zeit gefällt, z. B. wenn er sagt, daß die Verjüngung im wesentlichen eine innere Sammlung ist „gleichsam ein neues Schöpfen aus dem eigenen Lebensgrund, ein erneutes Sichbesinnen auf die spezifische Aufgabe oder eine erneute Erfassung des typischen Vorbildes, welches im äußeren Organismus dargestellt werden soll"[2]).

Mit den mikroskopischen Veränderungen, die die Kartoffelzellen bei der Verjüngung und der damit verknüpften Wundheilung zeigen, haben sich Lutman[3]), Shapovalov and Edson[4]), Priestley und Woffenden[5]) eingehend beschäftigt. Zunächst befreien sich die zur Verjüngung schreitenden Zellen von der Stärke, werden größer und reicher an Eiweiß. Die Zellkerne werden chromatinreicher, größer, teilen sich und Hand in Hand damit geht auch die Zellteilung vor sich, die zur Bildung eines Phellogens und schließlich zur Bildung von Periderm führt, das die Wunde in ausgezeichneter Weise verschließt und gegen Abgabe von Wasser und das Eindringen von Pilzen schützt.

Haberlandt[6]) stellte die interessante Tatsache fest, daß, wenn auf einer Wundfläche Abbauprodukte der mechanisch getöteten oder ver-

---

1) Braun, A., Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur usw. Leipzig 1851, p. 18.

2) Braun, A., l. c. p. 18.

3) Lutman, B. F., Senescence and Rejuvenescence in the Cells of the Potato Plant. Bulletin 252, Vermont Agricultural Experiment Station 1925.

4) Shapovalov, M. and Edson, H. A., Wound-cork formation in the potato in relation to seed-piece decay. Phytopath., 9, p. 483—497 (1919).

5) Priestley, J. H. and Woffenden, Lettice, M., Causal factors in cork formation. New Phytol., 21, p. 252—268 (1922). Zitiert nach Lutman.

6) Haberlandt, G., Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. Beitr. z. allgem. Botanik, Bd. II, Heft 1. Berlin 1921.

letzten Zellen liegen bleiben, diese dann Zellteilungen veranlassen und so die Wundheilung ermöglichen. Zum besseren Verständnis sei ein Versuch aus Haberlandts Abhandlung herausgehoben. Aus einer Kohlrabiknolle (Brassica oleracea gongylodes) wird eine 1—2 cm hohe Scheibe herausgeschnitten und diese dann in 4 Sektoren zerteilt. Einer davon wurde nicht abgespült, der zweite wurde unter dem Hahn der Wasserleitung mit einem kräftigen Wasserstrahl 5—20 Minuten abgewaschen, der dritte wurde abgespült und mit einer dünnen Schicht von Kohlrabibrei, gewonnen durch Zerreiben von Kohlrabistückchen, belegt und der 4. wurde abgespült und mit einer dünnen Lage von Kartoffelbrei bedeckt. Die Fig. 24 verdeutlicht das Ergebnis.

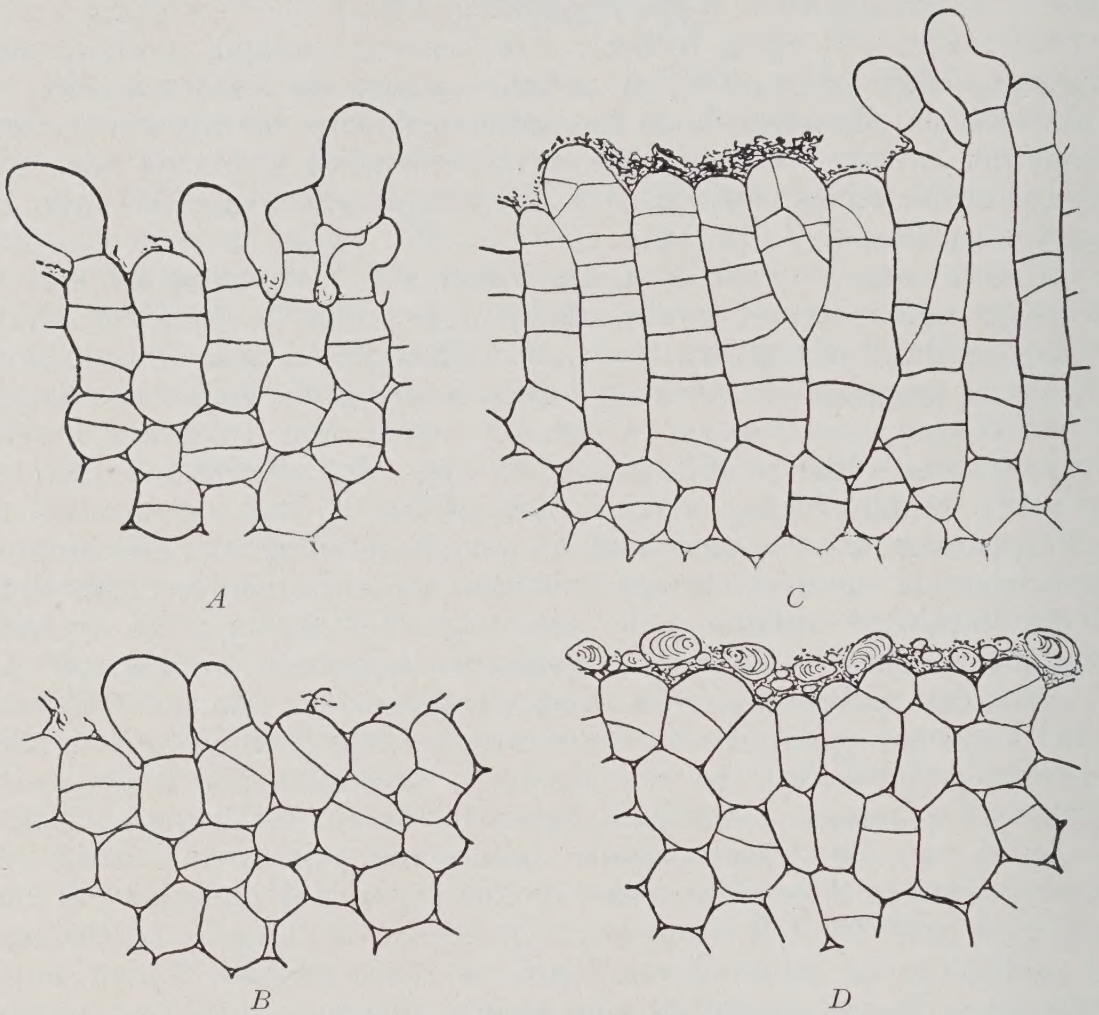

Fig. 24. Zellteilungen, verursacht durch Wundstoffe, unter den Wundflächen von 4 Sektoren der Scheibe aus einer Kohlrabiknolle. *A* Wundfläche nicht abgespült. *B* Wundfläche mit Wasser abgespült. *C* Wundfläche abgespült und mit Kohlrabibrei bedeckt. *D* Wundfläche abgespült und mit Kartoffelbrei bedeckt. Nach G. Haberlandt.

A zeigt zahlreiche Kallusblasen und darunter zahlreiche Zellteilungen, angeregt durch die auf der Schnittfläche liegen gebliebenen Wundstoffe.

B zeigt weniger Kallusblasen und weniger Zellteilungen, weil die Wundstoffe durch das Abspülen entfernt wurden.

C läßt nur einzelne Kallusblasen, aber auffallend viele Zellteilungen, besonders unter dem Kartoffelbrei, erkennen.

D Teilungen wie in *B*, jede Zelle meist nur einmal geteilt.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen schloß Haberlandt, daß die Zersetzungsprodukte der getöteten Zellen als Teilungshormone wirken.

Wenn im abgespülten Sektor *B* Teilungen auftraten, so führt er dies auf die Unmöglichkeit zurück, die abgestorbenen Plasmateile restlos zu entfernen und wenn die Teilungen im Sektor *D* unter Kartoffelbrei nicht häufiger auftreten als unter der abgespülten Wundfläche *B*, so hängt dies mit der Spezifizität der Wundreizstoffe zusammen. Aus weiteren Versuchen Haberlandts geht hervor, daß die auf Wunden wirkenden Stoffe nicht bloß in abgestorbenen Zellen entstehen, sondern daß auch in geschädigten, aber noch lebendig bleibenden Zellen (Haaren, Epidermis-, Schließzellen) Wundstoffe entstehen können, die typische Kern- und Zellteilung auszulösen vermögen.

Jüngst unternahm es Wehnelt[1]), dem Verständnis der von Haberlandt entdeckten „Wundhormone" näher zu kommen. Als ein ausgezeichnetes Versuchsobjekt erwies sich das junge Perikarp von Phaseolus. Dieses besitzt an seiner Innenseite ein verhältnismäßig mächtiges, von Leitbündeln freies Gewebe aus gleichartigen Zellen. Durch Aufschneiden des Perikarps an der Bauchnaht wurde dieses freigelegt und auf die Mitte der konkav erscheinenden Innenseite Gewebesaft, Extrakte oder andere organische und unorganische Substanzen aufgelegt. Das unbehandelte Nachbargewebe diente zur Kontrolle. Nach dieser Versuchsanstellung blieb bei diesem Objekte, im Gegensatz zu den von anderen Autoren bisher verwandten, der Einfluß einer Wunde auf die Versuchszone vollständig ausgeschaltet.

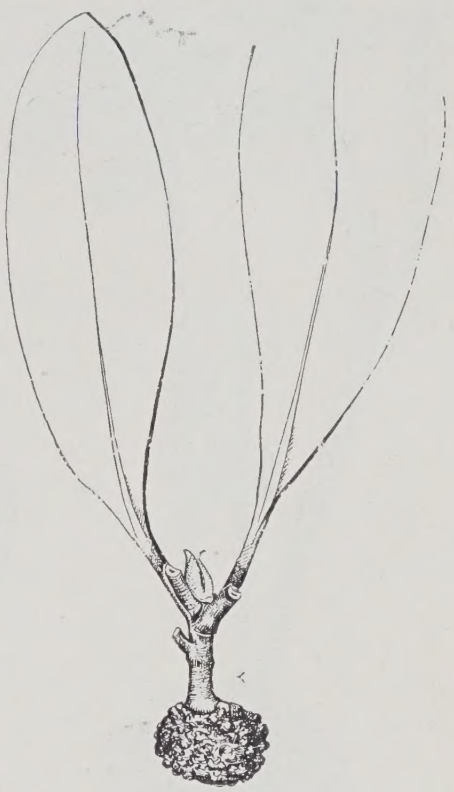

Fig. 25. Rhododendron arboreum. Steckling mit Kallus. Original.

Wurde Gewebesaft von jungen Bohnenblättern auf die Zellen des Perikarps aufgetragen, so wucherten die genau unter der Auftragungsschicht liegenden Zellen unter zahlreichen Teilungen empor und bildeten ein umfangreiches Wundgewebe; die nicht behandelte Zone aber blieb unverändert.

Auch der durch Ultrafilter filtrierte Gewebesaft rief die Bildung von Wundgewebe hervor. Der frische Gewebesaft verhielt sich thermostabil, und zwar auch bei Erhitzen unter Druck und höherer Temperatur. Es wurden auch Versuche mit nicht arteigenen organischen Stoffen auf die Zellneubildung durchgeführt und die dabei verwendeten Substanzen, wie Hühnereiweiß, Pferdeserum, Hämoglobin, Deuteroalbumose, verschiedene Insulinpräparate und Agar-Agar wirkten ebenso intensiv auf die Perikarpzellen wie arteigener Gewebesaft. Von den mineralischen untersuchten Stoffen regte reines Wasser zwar Wachstum, aber keine Teilungen an. Auch Rohrzucker- und Knops Nährlösung löste Zellteilung nicht aus.

Der Verfasser vermied es, in seiner Arbeit den Ausdruck Hormone auf die wirkungsvollen Substanzen anzuwenden, weil nicht der Gedanke

---

1) Wehnelt, B., Untersuchungen über das Wundhormon der Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Botanik, 66. Bd., Jahrg. 1927, p. 773.

von der Hand zu weisen ist, „daß es sich hier nicht um eine hormonale, also physiologisch spezifische Wirkung eines oder mehrerer Körper, möglicherweise von Eiweißspaltprodukten oder Lipoiden, handelt, sondern um eine unspezifische Steigerung der Zellaktivität, ausgedrückt in der Rückkehr zum meristematischen Zustand". Gegen die Annahme einer Hormonwirkung spricht wohl sehr die Tatsache, daß so verschiedene Stoffe wie Gewebesaft, Serum, Eiweiß und Agar denselben Effekt hervorrufen.

Eine Verjüngung erfahren auch viele Zellen bei der Bildung des Kallus. Darunter versteht man bekanntlich alle parenchymatischen Gewebewucherungen, die von der Pflanze nach einer Verletzung an der Wundfläche gebildet werden. Sie treten mit Vorliebe an Schnittwunden, Frostspalten, Ringelungen und an der Basis von Stecklingen auf (Fig. 25). An dem Aufbau des Kallus z. B. bei einem Steckling können sich alle Gewebeschichten beteiligen, in erster Linie das Kambium und dann das Parenchym des Markes und der Rinde. Von einer Verjüngung werden wir in diesem Falle bei den letzteren Zellen sprechen, nicht aber von denen des Kambiums, da sich ja diese stets in einem embryonalen Zustande (Meristem) befinden.

Fig. 26. Pelargonium zonale. Tumoren (crown galls) am Stengel. Original.

Wenn ein Gewebe verletzt wird und die benachbarten unversehrten Zellen die verwundeten durch Wachstum oder Zellteilung ersetzen, spricht man von Regeneration. Man kann daher die Wundheilung der Kartoffel und die Kallusbildung als Regeneration bezeichnen. Geht die Regeneration so weit, daß die Folgen der Wunde völlig aufgehoben und der frühere Zustand des verwundeten Organs in jeder Beziehung wieder hergestellt wird, so bezeichnet man dies als Restitution. Ausführliches und zahlreiche Beispiele darüber findet man bei Küster[1]) und Korschelt[2]). Hier sei nur hervorgehoben, daß sowohl Regeneration als auch Restitution häufig mit einer Verjüngung verknüpft sind, beide gehen gewöhnlich Hand in Hand.

1) Küster, E., l. c. p. 156 u. d. flg.
2) Korschelt, E., Regeneration und Transplantation. I. Bd. Berlin 1927.

Ein anderes Beispiel von Verjüngung von Zellen geben uns die auf Pflanzen so häufig auftretenden Gallen[1]). Mögen diese durch die Vegetation eines Pilzes oder durch den Stich und die Eiablage eines Insektes oder eines anderen Tieres verursacht sein, in allen Fällen werden durch den ausgeübten Reiz die bereits im Dauerzustand befindlichen Zellen des Wirtes zu neuen Teilungen angeregt, wodurch die Bildung der Galle veranlaßt wird.

Auch die sogenannten, insbesondere von E. Smith[2]) genauer untersuchten Kronengallen (crown galls) stellen einen Fall verjüngter Zellen dar. Smith machte die wichtige Entdeckung, daß die an verschiedenen Gehölzen, Stauden und auch krautigen Pflanzen auftretenden, mehr oder minder großen Geschwülste (Tumoren) durch einen spezifischen Erreger, durch den Bacillus tumefaciens hervorgerufen werden. Jede beliebige Kambiumzelle, aber auch jede Parenchymzelle, mag sie der Rinde, dem Mark oder einem Markstrahl angehören, kann unter dem Einfluß der erwähnten, von Smith entdeckten Bakterie sich teilen und durch fortgesetzte Teilung zum Ausgangspunkt eines Tumors werden (Fig. 26).

1) Küster, E., Die Gallen der Pflanzen. Leipzig 1911.

2) Smith, E. F., Bacterial diseases of plants 1920. Bezüglich der neuesten Literatur vgl. Stapp, C., Der bakterielle Pflanzenkrebs usw. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1927, p. 480.

V.

Der Scheintod der Pflanze.

„Die organische Maschine stirbt also nicht jedesmal, wenn sie vollkommen stille steht, so wenig wie die Uhr jedesmal zerbricht, wenn das Pendel nicht mehr schwingt." Preyer.

Es gibt Pflanzen, die ununterbrochen wachsen und solche, die nach einer längeren Periode ausgiebigen Wachstums einige Zeit ruhen und dann wieder ihr Wachstum aufnehmen, um es dann längere Zeit fortzusetzen und schließlich wieder in eine längere Ruhezeit zu verfallen. Ausgeprägt sehen wir eine derartige Rhythmik bei vielen unserer Bäume und Sträucher. Im Frühjahr erwachen sie aus ihrer Ruhe, treiben, belauben sich, blühen, fruchten, werfen im Herbste die Blätter ab und treten dann wieder in den Ruhestand ein. Im nächsten Jahre wiederholt sich wieder dasselbe Spiel. Wenn wir von der Ruhe eines Baumes, einer Kartoffelknolle oder Zwiebel sprechen, so soll damit nicht gesagt sein, daß die Lebenserscheinungen darin zum völligen Stillstand gekommen sind, das ist sicherlich nicht der Fall, denn auch im Winter atmet der Baum, bewegt sich der Saft und finden Stoffwechselvorgänge statt. Die Grade der Intensität der Lebenserscheinungen ist allerdings bei verschiedenen ruhenden Pflanzen und ihren Organen sehr verschieden. Sie sind verhältnismäßig rege bei einem Baum, bei der im Keller aufbewahrten Kartoffelknolle, schon viel weniger bei einem in feuchter Erde ruhenden Samen und fast völlig unterbrochen bei einem trocken aufbewahrten Samen. Im letzteren Falle ist es schon, wenn man nicht einen Keimversuch macht, schwer zu entscheiden, ob der Same nur ruht oder schon tot ist. Er macht, auch wenn er noch lebensfähig, also keimfähig ist, den Eindruck des toten, ist aber in Wirklichkeit nur scheintot. Dieser Scheintod stellt eine interessante Erscheinung dar, die in den Rahmen dieses Buches hineingehört und deshalb wollen wir uns damit etwas näher beschäftigen.

1.

Der Begriff des Scheintodes.

Im Kreise der Laien erscheint vielfach die Meinung verbreitet, es sei in jedem einzelnen Falle leicht, rasch zu entscheiden, ob ein Tier oder eine Pflanze lebt oder tot ist. Auch glaubt man, es sei leicht möglich, den Zeitpunkt genau festzustellen, in welchem der Tod eintritt. Stirbt eine berühmte Persönlichkeit, ein Kaiser oder König, so pflegt man die Zeit des Eintrittes des Todes auf die Minute anzugeben und diese Tatsache erweckt im Laien den Gedanken, daß der Tod momentan eintritt und daß zwischen Leben und Tod eine scharfe Grenze besteht.

Gewöhnlich bezeichnet man einen Menschen dann als tot, wenn die Atmung dauernd stille steht. Ist das der Fall, so konstatiert und bescheinigt der Arzt den eingetretenen Tod. Doch das ist eigentlich nur eine konventionelle Vereinbarung, in Wirklichkeit kann bei dem „toten" Menschen noch manches leben. Wird ein Mensch enthauptet oder gehenkt, so stellt der Arzt nach durchgeführter Hinrichtung den Tod fest. Allein wird einige Minuten nach der amtlichen Feststellung des Todes der „tote" Mensch seziert, so zucken die Muskeln beim Durchschneiden zusammen, die Gedärme kriechen in lebhafter peristaltischer Bewegung durcheinander und bei Eröffnung des Herzbeutels beginnt das Herz in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft von neuem mehrere Minuten, ja bis zu einer Viertelstunde zu pulsieren. Kommt es zum Stillstand, so genügt ein Nadelstich, um eine oder mehrere Herzpulsationen auszulösen, 2—4 Stunden nach dem „Tode" tritt auf Reizung der Nerven Zuckung der zugehörigen Muskeln ein.

Kubialko[1]) gelang es sogar, im Herzen von Kinderleichen Pulsationen der Vorhöfe und Herzohren bis 30 Stunden nach dem „Tode" zu erzielen, indem er sie mit Ringerscher Lösung durchströmte. Das die innere Oberfläche der Luftwege, des Kehlkopfes, der Luftröhre und der Bronchien auskleidende Flimmerepithel zeigt seine rhythmische Schlagbewegung an der Leiche noch tagelang nach dem Stillstand des Herzens in ausgezeichneter Weise. Die Flimmerepithelbewegung konnte an der Schleimhaut eines operierten Nasenpolypen, wenn die Aufbewahrung bei 4—5° C stattfand, 12, 14, ja in einem Falle 18 Tage nach der Operation beobachtet werden (Busse), wie ich einem interessanten Artikel Pütters[2]) entnehme.

Auch die farblosen Blutkörperchen und die Spermatozoiden des Menschen können lange „überleben"[3]). Analoge Tatsachen bietet auch die Pflanze.

Georginen pflegen schon beim ersten stärkeren Herbstfrost zu erfrieren. Sowie die Sonne die gefrorenen Blätter trifft, tauen sie auf, schwärzen sich und hängen schlaff von den Zweigen herab. Jeder wird das Blatt nach seinem Aussehen als tot bezeichnen. Als ich jedoch vor Jahren solche erfrorene Blätter mikroskopisch untersuchte[4]), fand ich allerdings fast alle Zellen abgestorben, allein die Schließzellen der auf der Unterseite des Blattes in großer Zahl befindlichen Spaltöffnungen erwiesen sich in der Mehrzahl als lebend. Die Schließzellen sind gegen Kälte und andere schädliche Einflüsse viel widerstandsfähiger als die anderen Blattzellen. Wenn wir also ein solches erfrorenes Blatt als tot bezeichnen, so ist dies nur zum Teil richtig, eigentlich können wir nur sagen, ein derartiges Blatt ist als Ganzes nicht mehr lebensfähig und zum größten Teil tot.

Der Tod braucht daher ein Lebewesen nicht durch und durch momentan zu erfassen, er schreitet allmählich vor.

---

1) Kubialko, Zentralbl. f. Physiologie, Bd. 16 (1902), p. 330.

2) Pütter, A., Die Chronologie des Zelltodes bei Warmblütern. Die Naturwissenschaften 1914, p. 628.

3) Über den Scheintod der Tiere vergleiche hauptsächlich W. Preyer, Naturwissenschaftliche Tatsachen und Probleme, Berlin 1880, p. 1; Verworn, M., Allgemeine Physiologie, Jena 1897, p. 129 und Korschelt, E., Lebensdauer, Altern und Tod. Jena 1924, 3. Aufl., p. 317, 337ff. u. 403.

4) Molisch, H., Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen, Jena 1897, p. 30.

So wie es Schwierigkeiten bereitet, genau den Zeitpunkt für den Eintritt des Todes bei einem höheren Lebewesen anzugeben, so ist es in vielen Fällen auch nicht leicht, durch bloßes Ansehen und ohne genauere Prüfung zu entscheiden, ob ein Lebewesen, ein Gewebe oder eine Zelle lebt oder tot ist.

Ein lufttrockenes Getreidekorn, das hier am Tische liegt, verrät keinerlei Lebenserscheinungen. Es wächst nicht, es assimiliert nicht, es bewegt sich nicht, kurz es gibt kein Lebenszeichen von sich. Erst wenn es, in feuchte Erde und auch sonst unter günstige Wachstumsbedingungen gebracht, keimt, Wurzel, Stengel und Blätter bildet, dann kann ich sagen: Dieses Getreidekorn war nicht tot, sondern lebend. Im trockenen Zustand aber unterscheidet es sich, soweit es das Auge beurteilen kann, nicht von einem toten.

Ein Lebewesen, gleichgültig ob Pflanze oder Tier, das keine merkbaren Lebenszeichen von sich gibt, aber doch lebensfähig ist, bezeichnet man als scheintot. Das Getreidekorn, dem, obwohl es keine Lebenszeichen aufweist, doch die Fähigkeit zum Leben, zum Keimen innewohnt, ist scheintot. Erst wenn es die Lebensfähigkeit einbüßt, ist es tot. Der natürliche Tod ist der dauernde Stillstand des Lebens oder mit anderen Worten: die endgültige Unterbrechung des Stoffwechsels im Sinne der Assimilation und Dissimilation.

2.

Lebensreaktionen.

Für den Physiologen erscheint es in vielen Fällen von großer Wichtigkeit zu wissen, ob eine Zelle lebt oder tot ist. Häufig wird auch die Entscheidung darüber keine Schwierigkeiten bieten, z. B. wenn man in der betreffenden Zelle Plasmaströmung oder Kernteilung vor sich gehen sieht. Aber so auffallende Lebenserscheinungen lassen sich nur in den seltensten Fällen feststellen und daher hat man von verschiedenen Seiten gewisse Methoden, sogenannte Lebensreaktionen empfohlen, die es wenigstens sehr häufig ermöglichen, in zweifelhaften Fällen Lebendes vom Toten zu unterscheiden und von denen 4 hier angeführt werden sollen.

1. Eines der besten Mittel, um sich vom Leben einer Pflanzenzelle zu überzeugen, ist die Plasmolyse. Wird eine lebende Zelle, z. B. eine Oberhautzelle des Blattes von Tradescantia oder eine Moosblattzelle in eine 10%ige Kochsalzlösung gelegt, so wird der Zelle Wasser entzogen, das Plasma hebt sich von der Zellhaut ab, schrumpft und ballt sich in der Zelle zusammen. Dieses Abheben des Plasmas von der Wand infolge wasserentziehender Mittel nennt man Plasmolyse. Eine Zelle, bei der sich Plasmolyse hervorrufen läßt, wird als lebend angesprochen, denn tote Zellen zeigen diese Erscheinung nicht. Obwohl diese Lebensreaktion ganz ausgezeichnete Dienste leistet, läßt sie doch nicht selten im Stiche, weil die Zelle entweder zu klein oder ihr Hohlraum zu schmal oder mit Reservestoffen so vollgepfropft ist, daß eine Schrumpfung gar nicht recht eintreten kann.

2. Auch elektrische Induktionsschläge können zum Nachweis des Lebens herangezogen werden. Das lebende Protoplasma zieht sich auf solche Schläge momentan zusammen oder es wird in seinem Bau

zerstört. Diese Methode liefert aber im Vergleich zur Plasmolyse viel weniger gute Resultate, weil sie in vielen Fällen versagt.

3. Loew und Bokorny[1]) haben die Silberreaktion als Mittel für unsere Zwecke empfohlen. Sie fanden, daß lebende Zellen in ihrem Innern aus sehr verdünnter, schwach alkalischer Silberlösung Silber reduzieren. Werden lebende Zellen von Spirogyra, Zygnema oder anderen Pflanzen in eine verdünnte alkalische Silberlösung für 6—12 Stunden gebracht, so schwärzt sich das Plasma infolge der eingetretenen Silberreduktion. Getötete Zellen geben diese Reaktion nicht und deshalb erblicken die beiden Forscher darin eine brauchbare Lebensreaktion. Leider gelingt die Reaktion, wie die beiden Genannten selbst schon gefunden haben, nicht mit allen lebenden Zellen und daher ist die Anwendbarkeit dieser Reaktion auch nur eine beschränkte.

Ich konnte zeigen, daß lebende Chlorophyllkörner, wenn sie mit einem Silbersalz, z. B. mit einer wässerigen Lösung von schwefelsaurem Silber behandelt werden, sich rasch intensiv schwärzen, hingegen tote nicht. Dies ist ein schlagender Beweis dafür, wie sich die chemischen Eigenschaften eines lebenden Gebildes der Zelle unmittelbar nach dem Eintritt des Todes ändern können[2]).

4. Das lebende Plasma hat die Fähigkeit, gewisse Farbstoffe, z. B. den im Pflanzenreich so weit verbreiteten blauen, violetten oder roten Farbstoff vieler Blüten, das Anthokyan, nicht durchzulassen, während das tote ihn nicht bloß durchtreten läßt, sondern auch speichert. Man kann sich leicht davon durch folgendes Experiment überzeugen. Ich schneide aus einer lebenden roten Salatrübe zwei gleich große Würfel heraus und lege den einen sofort in ein Glas Wasser, den zweiten aber erst, nachdem er in einem Luftbad bei 60° C getötet wurde. In dem ersten Gefäß, wo die lebende Rübe liegt, tritt der Farbstoff nicht aus, das Wasser bleibt ganz farblos, in dem zweiten aber, wo sich die abgetötete Rübe befindet, kommt der Farbstoff aus dem Gewebe reichlich heraus und färbt das Wasser stark rot.

Auch diese Eigentümlichkeit des Plasmas, im lebenden Zustande für gewisse Stoffe undurchlässig zu sein, kann man als Lebensreaktion benutzen.

Wenn man von keiner dieser Methoden einen allgemeinen Gebrauch machen kann, so wird man trachten müssen, sich nicht mit einer Lebensreaktion zu begnügen, sondern möglichst viele heranzuziehen und mit einander zu kombinieren, um zu einer halbwegs sicheren Entscheidung zu gelangen.

Die sicherste Probe auf Leben liegt wohl in der Feststellung der Weiterentwicklung. Entwickelt sich eine Zelle, ein Gewebe oder ein Keim weiter, dann kann an seinem Leben und seiner Lebensfähigkeit nicht gezweifelt werden.

---

1) Loew, O. und Bokorny, Th., Die chemische Kraftquelle im lebenden Protoplasma, München 1882.

2) Molisch, H., Das Chlorophyllkorn als Reduktionsorgan. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 127. Bd., 1918, p. 449.

Ders., Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze, Nr. 16. Zur Silberreduktion der Chlorophyllkörner. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., Jahrg. 1921, Bd. XXXIX, p. 136.

3.

Vorkommen des Scheintodes.

Eines der bekanntesten Beispiele für Scheintod gibt das Bärentierchen Macrobiotus Hufelandii ab (Fig. 27). Dieses milbenartige, zu den Tardigraden gehörige Tier lebt gewöhnlich in Moosrasen und da diese sich auch häufig auf Schindeldächern vorfinden, so gelangen sie von dort auch in Dachrinnen, können hier zurückbleiben und in den eingetrockneten Resten des Staubes leicht gefunden werden. Diese Bärentierchen sind in der Natur häufig dem Austrocknen ausgesetzt, stellen ihre Bewegungen mehr und mehr ein und schrumpfen schließlich zu einem winzigen Klümpchen, das keine Lebenserscheinungen mehr verrät, zusammen. In diesem Zustande, in diesem Scheintod kann das Tierchen lange Zeit verharren; wenn es aber nach einem Regen wieder Gelegenheit hat, Wasser aufzunehmen, beginnt es sich zu strecken und zu recken und nimmt seine gewöhnliche Lebenstätigkeit wieder auf.

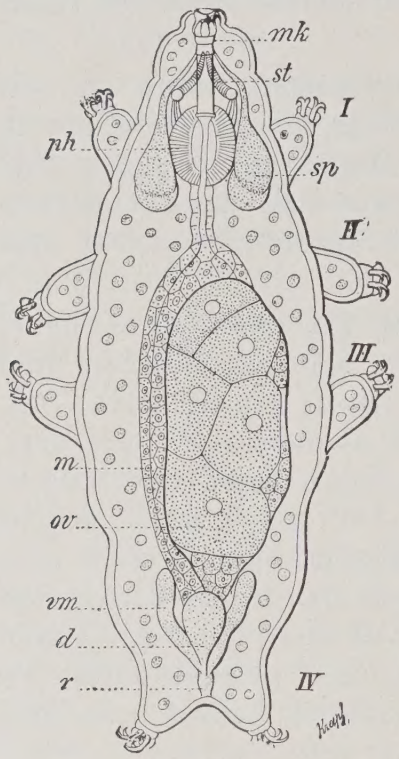

Fig. 27 a.

Fig. 27 b.

Fig. 27. Macrobiotus Hufelandii, Bärentierchen; *a* im lebendigen Zustande, kriechend. Nach R. Hertwig; *b* im scheintoten Zustande, eingetrocknet. Nach Verworn.

Ähnlich wie die Bärentierchen verhalten sich auch die zu den Würmern (Nematoden) gehörigen Kleisterälchen, die in kranken Weizenkörnern leben, viele Infusorien, Flagellaten und zahlreiche Rädertierchen[1]).

Einen ganz besonders interessanten Fall von Scheintod stellen gewisse Rädertierchen (Callidina) dar, die in den Blattröhrchen eines auf Baumstämmen häufig vorkommenden Lebermooses Frullania dilatata leben. In den wie Kappen aussehenden Blattröhrchen halten sich mit Vorliebe die Rädertierchen Callidina symbiotica und C. Leitgebii auf, wahrscheinlich weil sie hier günstige Ernährungsbedingungen finden. Trocknet das Moos aus, so verfallen die Tierchen in den Scheintod; sowie die Moosrasen aber vom herabrieselnden Regenwasser befeuchtet werden, erwachen die vorher geschrumpften Rädertierchen zu neuem Leben und lassen gleich darauf ihre Räderorgane lebhaft spielen. Solche Rädertierchen, die jahrelang mit dem Moos in einem Herbar lagen, können nach Befeuchtung mit einem Tropfen Wasser aus ihrem latenten Leben wieder zu aktivem zurückkehren. Das Pflanzenleben bietet eine reiche Fülle von Scheintodbeispielen[2]), von denen einige der wichtigsten und interessantesten hier besprochen oder erwähnt werden sollen.

1) Ausführliche Literaturangaben darüber bei Korschelt, E., l. c. p. 317, 336 u. 403.

2) Schröder, G., Über die Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen. Arbeiten des Tübinger Institutes, II. Bd., 1886, p. 1. Vgl. auch Irmscher, E., Über die Resistenz

Lebermoose. Manche dem Austrocknen in der Natur häufig unterworfene Lebermoose erhalten sich im trockenen Zustande lange am Leben. Schröder beobachtete, daß Corsinia marchantioides, das 7 Monate im Herbar aufbewahrt war, unter normale Verhältnisse gebracht, wieder weiter wuchs.

Laubmoose. In weit höherem Grade als bei Lebermoosen erscheint die Austrocknungsfähigkeit bei Laubmoosen ausgebildet. Sie kommt hauptsächlich jenen Laubmoosen zu, die in der Natur auf trockenen Standorten vorkommen und die sich daher dem Wechsel von Benetzung und Austrocknung angepaßt haben. Solche Moose sind außerordentlich lebenszäh. So ertrug eine auf einem Stück Kalktuff gewachsene Barbula unguiculata über 20 Wochen Lufttrockenheit und durch Schwefelsäure noch verstärkte Trockenheit. Nach dem Anfeuchten erwiesen sich alle Zellen als lebend und die Stämmchen wuchsen weiter.

Im allgemeinen kann man sagen, daß nach Schröder auch die an extreme Austrocknung gewöhnten Arten nach einigen Jahren — die äußerste Grenze sind 5 Jahre —, abgesehen von ihren Sporen, absterben. Diese aber können noch viel länger im Scheintod verharren. So fand W. Schimper, daß Moossporen, die 50 Jahre im Herbar gelegen hatten, ebenso keimten, als wenn sie von frischen Pflanzen genommen worden wären.

Algen. Während viele Algen das Austrocknen überhaupt nicht vertragen, zeichnen sich andere gerade dadurch aus. Die letzteren findet man besonders in der Familie der Palmellaceen. Der den grünen Anflug an der Nordwestseite vieler Baumstämme bildende Pleurococcus vulgaris erwies sich nach 20 Wochen langem, scharfen Trocknen als lebend.

Pilze. Viele Bakterien ertragen das Austrocknen nicht, andere in hohem Grade. Erstaunlich lange können gewisse Erdbakterien in Trockenstarre verharren, um dann wieder zu neuem Leben zu erwachen. Nestler[1]), der in einwandfreier Weise aus einem sehr alten Moosherbar der den Moosrasen anhaftenden Erde Bakterien entnahm und auf ihre Lebensfähigkeit prüfte, kam zu dem interessanten Ergebnis, „daß einige sporenbildende Bakterien — Bacillus vulgatus, B. mycoides und B. subtilis — eine jahrzehntelange Austrocknung bei gewöhnlicher Temperatur vertragen und sich durch mindestens 92 Jahre lebensfähig erhalten können".

Die Austrocknungsfähigkeit des Vegetationskörpers höherer Pilze ist gerade nicht häufig, hingegen gibt es viele Sporen, die diese Eignung in hohem Grade besitzen. Brefeld erhielt aus 6 Jahre alten Sporen von dem Schimmelpilz Aspergillus flavus nach dem Auskeimen neue Pflänzchen.

V. Liebenberg untersuchte die Sporen von Brandpilzen, die ververschieden lange im Herbar trocken aufbewahrt worden waren. „Erhalten war die Keimkraft der Sporen noch bei Tilletia caries nach 8½, bei Ustilago carbo nach 7½, bei Ustilago Kolaczkii, Crameri und destruens nach 5½, bei Ustilago Tulasnei nach 6½ Jahren und scheint es nicht zweifelhaft zu sein, daß diese Zeiträume noch verlängert werden können, ohne daß dadurch die Keimkraft dieser Sporen wesentlich beeinträchtigt wird"[2]).

---

der Laubmoose gegen Austrocknen und Kälte. Pringsheims Jahrb. f. wissensch. Botanik 1912, Bd. 50, p. 387.

1) Nestler, A., Zur Kenntnis der Lebensdauer der Bakterien. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1910, Bd. 28, p. 7.

2) Zitiert nach Schröder, l. c. p. 35.

Samen. So wie die Austrocknungsfähigkeit bis zur völligen Lufttrockenheit bei blütenlosen Pflanzen ohne Einbuße der Lebensfähigkeit ganz besonders bei Sporen zutage tritt, so findet sich diese Eigenschaft bei den Blütenpflanzen nur noch in ausgezeichneterer Weise ausgebildet bei den Samen. Diese verhalten sich aber darin sehr verschieden.

So keimen nach den Untersuchungen von Hildebrand die Samen von Sauerklee, Oxalis rubella und O. lancifolia und deren Verwandten gleich nach dem Aufspringen der Frucht und werden durch Austrocknen getötet.

Die Keimungsfähigkeit der Weidensamen bleibt nur wenige Tage oder Wochen erhalten. Nakajima[1]) konnte zeigen, daß die Keimfähigkeit der Samen verschiedener Weidenarten (Salix opaca, S. japonica und S. Reinii) sich beträchtlich länger erhielt, wenn die Samen bei mittelmäßiger Trockenheit und einer Temperatur von 12—13° C aufbewahrt werden. Unter diesen Umständen blieben die Samen noch nach 150 Tagen zu 60% keimfähig; ja einzelne keimten noch nach 320 Tagen. Aber abgesehen von diesen und einigen anderen Fällen behalten die meisten Samen ihre Keimfähigkeit jahrelang bei.

Genaue diesbezügliche Versuche über Getreidefrüchte verdanken wir Burgerstein[2]). Danach keimen die Früchte von Gerste, Weizen und Hafer nach zehnjähriger Aufbewahrung (mit Papier umhüllt in einer Schublade) noch zu etwa 70—90%, während beim Roggen die Keimkraft nach 10 Jahren erlischt. Andere Samen bleiben noch viel länger keimungsfähig. Über lange und längste Keimfähigkeitsdauer geben uns die ausgedehnten Untersuchungen Becquerels und Ewarts willkommenen Aufschluß.

Becquerel[3]) verschaffte sich möglichst alte Samen, deren Alter genau bestimmt war, aus Sammlungen und Herbarien. Im ganzen waren es 500 Arten, die 30 Familien angehörten. Das Alter der Samen betrug 25—135 Jahre. Als diese unter günstigen Bedingungen der Keimung unterworfen wurden, gaben nur 4 Familien noch Keimung: die Compositen, Nelumbieen, Malvaceen und Labiaten.

Von Leguminosen keimten noch folgende Arten von Samen:

Cassia bicapsularis	(3	von	10)	im	Alter	von	87	Jahren
Cytisus biflorus	(2	„	10)	„	„	„	84	„
Leucaena leucocephala. . .	(2	„	10)	„	„	„	71	„
Trifolium arvense	(2	„	10)	„	„	„	68	„
Ervum lens	(1	„	10)	„	„	„	65	„
Dioclea pauciflora	(4	„	10)	„	„	„	65	„
Cytisus austriacus.	(1	„	10)	„	„	„	63	„
Melilotus luteus	(3	„	10)	„	„	„	55	„
Acacia distachya	(5	„	10)	„	„	„	53	„
Mimosa glomerata	(5	„	10)	„	„	„	53	„
Crotolaria ramosissima. . .	(1	„	10)	„	„	„	39	„
Dolichos fusarius	(2	„	10)	„	„	„	38	„
Astragalus brachyceras . .	(2	„	10)	„	„	„	38	„
Nomismia nummularis . .	(2	„	10)	„	„	„	37	„
Acacia cornigera	(5	„	10)	„	„	„	37	„
Trifolium caespitosum . . .	(2	„	10)	„	„	„	28	„

1) Nakajima, Y., Über die Lebensdauer der Samen der Gattung Salix (Japanisch). Japanese Journal of Botany, Vol. I. Transactions and Abstracts. Tokyo 1923, p. (12).

2) Burgerstein, A., Beobachtungen über die Keimkraftdauer von ein- bis zehnjährigen Getreidesamen. Verhandlungen d. k. k. zool.-bot. Gesellsch. in Wien, Jahrg. 1895.

3) Becquerel, P., Recherches sur la vie latente des graines. Annales des sciences natur., 9. série, Botanique, Tome V. Paris 1909, p. 193.

In der Familie der Nelumbieen keimten die Samen dreier Arten:

Nelumbium codophyllum . (4 von 5) im Alter von 56 Jahren
„ asperifolium . (4 „ 5) „ „ „ 48 „
„ speciosum . . (9 „ 10) „ „ „ 18 „

Von Malvaceen keimten unter 15 Spezies

Lavatera pseudo-Olbia. . . (2 von 10) im Alter von 64 Jahren

und von Labiaten unter 14 Arten

Stachys nepetaefolia . . . (1 von 10) im Alter von 77 Jahren

Aus den umfassenden Untersuchungen Becquerels geht demnach die interessante Tatsache hervor, daß es Samen (Cassia bicapsularis) gibt, die ihre Keimfähigkeit 87 Jahre behalten.

Die sehr langlebigen Samen (50—80 Jahre) sind durchwegs mit einer dicken Schale bedeckt, die für Wasser und Luft undurchlässig ist.

Durch die Beobachtungen von Ewart[1]) wurde die angegebene Lebensdauer von Samen durch die von Howea heterophylla noch übertroffen. Von 12 Samen dieser Palme, die 105 Jahre alt waren, keimten noch 2 Samen. Auf Grund von Versuchen mit 2500 Arten kam Ewart zu der Überzeugung, daß die längste wahrscheinliche Keimfähigkeitsdauer 150—250 Jahre (Leguminosen) währen dürfte. Bei Malvaceen liegt sie zwischen 50—150 Jahre. Ewarts Versuche wurden hauptsächlich mit Samen durchgeführt, die jahrelang in trockener Luft aufbewahrt waren, und er glaubt, daß undurchlässige Samen noch länger lebendig blieben, wenn sie im Boden gelegen wären.

Von ganz besonderem Interesse sind auch die Beobachtungen Ohgas[2]) über die Keimfähigkeit der Samen von Nelumbo nucifera, der indischen Lotusblume, die man in der Mandschurei, im Torf eingebettet, gefunden hat. Gegen das Nordende des Kwantung-Gebietes in der südlichen Mandschurei liegt das Dorf Pulantien, nicht weit davon das Dorf Liu-chia-tung und die nördlich davon gelegene Ebene ist der Platz, wo die Nelumbo-Samen in einer Tiefe von ½—⅔ m in einer Torfschicht von etwa ⅓—½ m Dicke eingebettet sind. Aus verschiedenen Gründen hat sich der Verfasser die Meinung gebildet, daß die Samen wenigstens 120 Jahre im Torfe lagen, vielleicht sogar 200—400 Jahre alt sind. Die Bauern benutzen den gestochenen Torf als Heizmaterial und die Kinder essen die Samen.

Trotz dieses hohen Alters war der Embryo noch grün und das Endosperm gelblich weiß. Als die Samen nach dem Ausgraben in Wasser gelegt wurden und darin bei einer Temperatur von 15—20° C acht Monate belassen wurden, trat keine merkbare Veränderung ein, da durch die äußerst harte Samenhaut kein Wasser eindrang. Wurden aber die Samen an einem oder an beiden Enden angefeilt, dann nahmen sie Wasser auf, quollen auf und keimten ohne Ausnahme mitunter schon nach 4 Tagen.

Fernere Untersuchungen Ohgas[3]) zeigten, daß die erwähnten Lotusfrüchte aller Wahrscheinlichkeit über 160 oder 250 Jahre alt sind und

1) Ewart, E., On the Longevity of Seeds. Proceed. Roy. Soc. Victoria, 1—120, 1908.

2) Ohga, J., On the longevity of seeds of Nelumbo nucifera. The Botanical Magazine, Vol. XXXVII, Tokyo 1923, p. 87.

3) Ohga, J., On the age of the ancient fruit of the Indian Lotus, which is kept in the Peat Bed in South Manchuria. The Botanical Magazine. Tokyo 1927, p. 1.

trotz dieses hohen Alters keimten sie noch zu 100%. Wenn die Nelumbo-Samen sich durch so auffallend lange Zeit im Torf am Leben erhalten, so muß wohl der Torf konservierend auf die Samen einwirken. Es wäre mit Rücksicht darauf sehr wünschenswert, wenn Versuche darüber gemacht würden, ob diese lebenerhaltende Wirkung des Torfes auch auf die Samen und Organe anderer Pflanzen sich geltend macht.

In der Literatur wird heute noch manchmal hervorgehoben, daß aus altägyptischen Mumiengräbern stammender Weizen, dem also ein mehrtausendjähriges Alter zukommt, noch keimfähig sei. Allein solche Angaben entbehren der tatsächlichen Grundlage und sind durch verschiedene Beobachtungen längst widerlegt.

So teilte Münter[1]) am 10. Mai 1847 in der Gesellschaft naturforschender Freunde mit, daß Weizen und sechszeilige Gerste aus ägyptischen Mumien ihre Keimkraft völlig eingebüßt hat.

„Ich brachte aus Theben" — schreibt Unger[2]) über Mumienweizen — „in einer wohl verschlossenen Tonflasche eine ziemliche Menge nach Europa. Die am besten und vollsten erscheinenden Körner hatte Herr Direktor Schott die Güte anzubauen, sie keimten jedoch nicht, ungeachtet aller darauf verwendeten Sorgfalt." Und an einer anderen Stelle[3]): „Ich schließe hieran noch die Bemerkung, daß ich wie früher schon einmal mit Gerstenkörnern aus Mumiengräbern, nun abermals mit einigen dieser Samen, die mir am besten erhalten schienen, den Versuch machte, sie auf ihre Keimfähigkeit zu untersuchen. Es fand dies sowohl mit Weizen als mit Phalaris paradoxa statt. Der Erfolg war derselbe: selbst unter die günstigsten Verhältnisse gebracht, trat statt der Entwicklung nur Fäulnis ein."

Schließlich sei noch auf die einschlägigen Erfahrungen Wittmacks hingewiesen, über die er bemerkt: „Die Versuche, welche ich mit Mumienweizen anstellte, der in einem Sarkophage aus der griechischen Epoche im alten Memphis gefunden war und den das landwirtschaftliche Museum vom Kommissär der ägyptischen Regierung auf der Pariser Ausstellung 1867 Dr. Figar Bey, also sicher echt, erhalten hatte, mißlangen trotz aller Vorsicht unter den mannigfachsten Modifikationen vollständig. Die ursprünglich schon braunen Samen von mumienartigem Geruch zergingen zuletzt wie Lehm im Wasser. Ähnlich verhielt es sich mit den Samen der Mumiengerste"[4]).

Die vorstehenden Angaben haben das alte, immer wieder von neuem aufgetischte Märchen von der Keimung altägyptischen Mumienweizens zunichte gemacht. Wenn derlei Experimente wirklich glückten, so handelte es sich nicht um echten alten, sondern um unterschobenen frischen Weizen, der den Reisenden gegen gute Bezahlung von Betrügern auch heute noch angeboten wird.

Es ist schon oft bemerkt worden, daß an einem bestimmten Orte mit einer plötzlichen Veränderung der Bodenoberfläche sich auch rasch

---

1) Münter, Berliner Archiv 116, Regensburger Flora 30 (1847), S. 478. Zitiert nach Kochs, siehe weiter unten.

2) Unger, F., Botanische Streifzüge auf dem Gebiete der Kulturgeschichte. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Kl., Bd. 38, Jahrg. 1859, p. 99.

3) Ders., Ebenda, 45. Bd., I. Abt., Jahrg. 1866, p. 56.

4) Wittmack, L., Gras- und Kleesamen. Berlin 1873, p. 15.

die Zusammensetzung der Pflanzendecke ändert. Wenn in einem Walde, auf Äckern oder Weiden eine tiefere Umgrabung erfolgt, so erscheinen oft Pflanzen, die sich früher hier nicht oder nicht in so großer Zahl befanden. Woher stammen sie? Man könnte der Meinung sein, daß die Samen durch Wind, Wasser, Tiere oder den Menschen hierher verschleppt wurden, oder daß die Samen in der Erde ruhten und nun durch das Umgraben unter günstige Keimungsbedingungen gebracht wurden. Genaue Versuche von PETER[1]) haben gelehrt, daß das letztere der Fall ist. Er entnahm mitten im Walde unter besonderen Vorsichten einer pflanzenlosen quadratischen Stelle von 30 cm Seitenlänge den ganzen Boden bis 8 cm tief, dann eine ebenso tiefe Lage und schließlich noch ein drittes Mal wieder so eine tiefe Schichte und beobachtete im Gewächshause, ob und welche Pflanzen auf den drei Bodenschichten erschienen. Alle untersuchten Waldböden enthielten verborgene lebende Pflanzenkeime, „ruhende" Samen, die, als der Boden gelockert, befeuchtet und belichtet wurde, sich oft bis zur Samenbildung weiter entwickelten. Bodenproben aus Wäldern, die seit jeher Wald waren, lieferten nur Waldpflanzen (Erdbeere, Himbeere, Tollkirsche usw.), Proben aus gepflanzten Beständen auf ehemaligem Acker- oder Weideland ergaben, von vereinzelten Waldpflanzen abgesehen, vorwiegend Acker- und Weidepflanzen (Täschelkraut, Hirtentasche, Ackersenf, Hartheu, Wegerich usw.).

Solche Resultate wurden mit Böden aus gepflanzten Wäldern, deren Ausforstung vor 20—46 Jahren erfolgt war, gewonnen und daraus schließt PETER, daß die noch keimfähigen Samen etwa ebenso lange in der Erde ruhten und sich lebensfähig erhielten.

Über die Ursache dieses langen Scheintodes im Boden spricht sich PETER nicht aus, es erscheint mir aber möglich, daß der Boden einen konservierenden Einfluß auf die Samen ausübt. Der Gegenstand würde eine spezielle Untersuchung verdienen.

Wir dürfen von vornherein nicht erwarten, daß die Keimfähigkeitsdauer der Samen einer Pflanzenart unter allen Umständen eine ziemlich gleiche sein wird, denn sie hängt in hohem Maße von der Art der Aufbewahrung ab. Vergleicht man z. B. die Keimfähigkeitsdauer, wie sie von BURGERSTEIN[2]) für Getreidesamen in Wien festgestellt wurde, mit der von KONDO[3]) in Japan beobachteten, so zeigt sich keine Übereinstimmung. Nach BURGERSTEIN, CARRUTHERS[4]) und DORPH-PETERSEN[5]) ist

---

1) PETER, A., Kulturversuche mit ruhenden Samen. Nachrichten von der kgl. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen 1893, p. 671.

2) BURGERSTEIN, A., Beobachtungen über die Keimkraftdauer von ein- bis 10jährigen Getreidekörnern. Verhandl. d. zool.-botan. Ges. in Wien, Bd. 45 (1895), Heft 10, p. 414—421.

Ders., Über das Keimvermögen von 10—16jährigen Getreidesamen. Ebenda, Bd. 51 (1901), Heft 9, p. 645—646.

3) KONDO, M., Über die Dauer der Erhaltung der Keimkraft bei verschiedenen Samenarten in Japan. Berichte des Ohara-Instituts für landwirtsch. Forschungen, Bd. III, Heft 1, p. 127.

4) CARRUTHERS, W., On the vitality of farm seeds. The Journal of the Royal Agricultural Society of England, Vol. 72 (1911), p. 168—183.

5) DORPH-PETERSEN, R., How long do the various seed species retain their germination power. 3. Intern. Review of Science and Practice of Agriculture. N. S., Vol. II (1924), No. 2, p. 3—21.

die Keimkraftdauer von Gerste bzw. über 15,9 und 5 Jahre, nach Kondo aber nur 2 Jahre. Ferner währt nach Carruthers die Keimkraftdauer von Raps, Rübe und Mohrrübe bzw. 10, 12 und 9 Jahre, nach Dorph-Petersen die von Raps und Rübe, Mohrrübe, Erbsen, Rettich und Kohl bzw. 13,8, 10, 11, 9—10, nach Kondo aber die von Mohrrübe, Erbsen, Rettich und Brassica chiensis bzw. 2, 4, 5 und 6 Jahre. Kondo führt diese großen Unterschiede auf das im Sommer sehr feuchte und heiße Klima Japans zurück; dies ist meiner Ansicht nach richtig, denn es ist ja bekannt, daß viele Samen, wenn sie trocken, z. B. über Schwefelsäure, Ätzkalk, Chlorkalzium und anderen Trockenmitteln, aufbewahrt werden, ihre Keimfähigkeit länger bewahren als in gewöhnlicher feuchter Luft[1]) (Nakajima und Kondo).

4.

Die völlige, zeitweise Unterbrechung des Lebens.

Der Scheintod der Samen, Sporen, Bakterien und anderer Einzeller wird in der Regel durch Austrocknen herbeigeführt, aber die Lebenserscheinungen können auch noch durch andere Faktoren, z. B. durch niedere Temperatur unterbunden werden. Viele Pflanzen können beinhart gefrieren, ja manche, wie unsere hochalpinen Gewächse oder die Nadelhölzer Sibiriens, verbleiben im vollständig gefrorenen Zustande monatelang, ohne daß sie dabei ihr Leben einbüßen. Sobald die Temperatur genügend hoch ansteigt, treten die Lebenserscheinungen wieder auf. Abgesehen davon, daß beim Gefrieren infolge der niederen Temperatur die chemischen Vorgänge auf ein Minimum herabgesetzt werden, ist mit der Eisbildung in der Pflanze auch ein kolossaler Wasserentzug verknüpft, der gleichfalls zu einer Hemmung des aktiven Lebens führt[2]).

Es entsteht nun die Frage, ob während des Scheintodes, sei es durch Austrocknen, sei es durch Gefrieren, sei es durch beides, die Lebenserscheinungen vollständig unterbrochen sind oder ob eine Spur Leben, eine vita minima übrig bleibt.

Kochs[3]) hat diese Frage aufgeworfen und, um sie zu entscheiden, sich bemüht, trockene keimfähige Samen an der Atmung völlig zu behindern, indem er sie in luftleeren, mit Phosphorsäureanhydrid versetzten Röhren längere Zeit trocknete und dann in einer zugeschmolzenen Vakuumröhre aufbewahrte, die mit einer Geißlerschen Röhre verbunden war, wie sie zur spektroskopischen Untersuchung der Gase benützt zu werden pflegt. Eine genaue Prüfung ergab nun, daß nach Monaten keine Spur von Kohlensäure gebildet wurde. Und dennoch keimten die Samen, wenn sie unter günstige Bedingungen gebracht worden waren. Daraus schließt Kochs, „daß die so behandelten Samen bis auf etwaige innere Umlagerungen scheintot waren".

Während er bei entwickelten Tieren und Pflanzen einen wirklichen Scheintod leugnet, gibt er ihn für Sporen und Samen zu.

---

1) Nakajima, Y., Über die Keimfähigkeitsdauer der Reiskörner. The Botanical Magazine, Vol. 39 (1925), p. 307 (Japanisch).

2) Molisch, H., Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen, p. 73.

3) Kochs, W., Kann die Kontinuität der Lebensvorgänge zeitweilig völlig unterbrochen werden? Biolog. Zentralbl. 1890, Bd. 10, p. 673.

Von Wichtigkeit für unsere Frage erscheinen besonders die neueren Untersuchungen von Becquerel[1]). Er trocknete, um die Erhaltung der Keimfähigkeit bei Schimmelpilzsporen zu prüfen, die Sporen von Mucor Mucedo, M. racemosus, Rhizopus niger, Aspergillus glaucus u. a. zunächst in kleinen sterilisierten Glasröhren bei Gegenwart von Ätzbaryt 14 Tage lang bei 35° C. Hierauf wurden die Röhren luftleer gemacht und zugeschmolzen. Die Röhren wurden dann vom Februar 1908 bis Mai 1909 aufbewahrt und im Februar 1909 3 Wochen der Temperatur der flüssigen Luft (— 180° C) und hierauf 77 Stunden der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs (— 235° C) ausgesetzt. Am 9. Mai 1909 wurden dann unter genauen Vorsichtsmaßregeln zur Verhinderung des Anfliegens fremder Keime die Sporen herausgenommen und auf sterile Nährmedien geimpft. Schon nach 16 Stunden keimten alle Sporen der Mucorineen und innerhalb dreier Tage auch die Sporen der genannten anderen Schimmelpilze. Analoge Versuche[2]) mit Samen führten zu ähnlichen Ergebnissen.

Becquerel schließt aus seinen Versuchen, daß bei Samen und Sporen das Leben unter den von ihm geschaffenen Bedingungen: Trockenheit, Luftleere und abnorm niedere Temperatur das Leben nicht etwa bloß verlangsamt, sondern völlig unterbrochen ist.

Nach diesen Experimenten wird man wohl zugeben müssen, daß unter künstlichen Bedingungen nahezu sicher bei gewissen Samen und Sporen ein wirklicher, echter Scheintod eintritt, daß also das Leben vollständig unterbrochen und nach längerer Zeit wieder in Gang gesetzt werden kann.

Wenn es einmal gelingen sollte, Samen, Bakterien und Sporen bis auf den absoluten Nullpunkt, d. h. auf — 273° C abzukühlen, wo jede Bewegung der Moleküle aufhört und damit auch jede chemische Reaktion unterbrochen wird, so wird, vorausgesetzt, daß auch dann die Sporen und Samen noch keimen, was mir sehr wahrscheinlich ist, die eben gezogene Schlußfolgerung nur noch an Sicherheit gewinnen.

So wie eine Lokomotive durch eine einfache Hebelbewegung zum vollständigen Stillstand und durch eine entgegengesetzte wieder in Tätigkeit gebracht werden kann; so wie der Strahl eines Springbrunnens durch das Auf- und Absperren eines Hahnes momentan losgelassen oder abgestellt wird; oder so wie eine Kerze durch Anzünden zur Verbrennung, durch Auslöschen wieder zu chemischer Ruhe gelangt, so kann auch das Lebensrad in gewissen Fällen auf Monate, ja Jahre unterbrochen und dann wieder in Betrieb gesetzt werden.

Vom aktiven Leben, von höchster Lebensfülle bis zum wirklichen Scheintod gibt es tausende Übergänge. Der sprossende, blühende und fruchtende Baum erscheint uns in vollem Leben, allein wenn er im Herbste seine Blätter abgeworfen und den Winter blattlos überdauert, macht er den Eindruck des Starren, Scheintoten, und trotzdem ist der das Leben bildende Stoffwechsel nicht unterbrochen, sondern nur äußerst verlangsamt. Erst durch künstliche Eingriffe, wie wir sie eben geschildert haben, kann der Stoffwechsel bei Samen, Sporen und anderen Zellen vollständig

---

1) Becquerel, P., Experimentaluntersuchungen über das latente Leben der Sporen der Mucorineen und Ascomyceten. Comptes rendus 1910, Tome 150, p. 1437 bis 1439. Referiert in der Naturw. Rundschau 1910, p. 434.

2) Bequerel, P., Sur la suspension momentanée de la vie chez certaines graines. Comptes rendus, Paris 1909, Tome 148, p. 1052.

unterbunden und das Leben, wie die Bewegung einer Maschine durch einen Hebelangriff, vollends aufgehalten werden.

In der Natur aber finden in der Bakterienzelle, in der Spore und im Samen, die uns scheintot erscheinen, doch kleine chemische Veränderungen statt, die bei hinreichender Dauer sich summieren und zu nicht mehr gutzumachenden Störungen und schließlich vom bloßen Scheintod zum wirklichen Tode führen.

Welcher Art diese Änderungen sind, ist vorläufig unbekannt. Man wird wohl kaum mit der Annahme fehlgehen, daß es sich hier um chemische Vorgänge handelt und daß die Eiweißkörper und Fermente, die im Lebewesen eine so vorherrschende Rolle spielen, mit dem Alter der Zelle chemisch-physikalische Änderungen erleiden, die es ihnen unmöglich machen, auch weiterhin das Leben zu unterhalten. Auch amerikanische Forscher[1]) gelangten durch Versuche mit türkischem Rotweizen zu dem Schlusse, daß das Erlöschen der Keimfähigkeit der Samen durch ein langsames Gerinnen der Eiweißstoffe verursacht wird. Sie konnten beweisen, daß die Gesetzmäßigkeit und die Formel, die Buglia für die Beziehung zwischen Temperatur und Eiweißgerinnung festgestellt hat, auch für die Temperaturabhängigkeit der Dauer des latenten Lebens gilt. Werden Samen unter gewissen Bedingungen aufbewahrt, so läßt sich mit dieser Formel sogar die Lebensdauer solcher Samen vorausbestimmen.

---

1) Crocker und Crover, 1915, Methode zur Vorausbestimmung der Lebensdauer der Samen. Ref. in „Intern. agrartechn. Rundschau", VII. 1916, p. 403. Zitiert nach Weber, Fr., l. c. p. 450.

VI.

Über Altern, den Tod und die angebliche potentielle Unsterblichkeit des Baumes.

1.

Über Altern und Tod.

Die Stämme vieler Baumarten werden mit dem Alter hohl, die inneren Teile des Stammes sterben ab, werden faul, vermodern; und dies geht so weit, daß der Stamm oft nur mehr aus der Rinde und einer dünnen Schicht lebenden Holzes besteht. Zu solchem Hohlwerden neigen besonders alte Weiden-, Oliven-, Mammutbäume u. a. Von einer gewissen Altersstufe an beginnt das Wachstum zu verlangsamen, der jährliche Zuwachs des Holzes und des Bastes wird geringer, die jährlichen Triebe werden kürzer, die Maschennetze in der Blattnervatur werden kleiner, Zweige beginnen in größerer Anzahl abzusterben, auch hat es den Anschein, als ob auch die Widerstandskraft gegen äußere Einflüsse, namentlich gegen tierische und pflanzliche Parasiten, erlahmen würde. Alle diese Symptome deuten auf Altersschwäche[1]). Es ist ähnlich wie beim Menschen, auch hier ist die Altersschwäche eine regelmäßige Erscheinung, denn mit dem Alter stellen sich pathologisch-anatomische Veränderungen ein, die für den gealterten Organismus charakteristisch sind[2]). So werden die Menschen kleiner und sklerosieren. Demange[3]) sagt: „Das Grundelement, die Zelle, atrophiert zuerst, geht dann eine körnige und endlich eine körnig-fettige Degeneration ein. Das Bindegewebe verdickt sich durch eine Art Sklerose und trägt seinerseits in einem gewissen Maße zur Verdrängung der Elemente, deren Stütze es bildet, bei.“ Die Altersveränderungen in den Zellen geben sich bei Tieren in einer Verschiebung der sogenannten Kernplasmarelation und in der Ablagerung schwarzer Pigmentkörner, besonders in den altersatrophischen Herzmuskel- und Ganglienzellen kund. Auch bei der Pflanzenzelle zeigen sich im Alter oft auffallende Erscheinungen durch allmähliches Schwinden des Plasmas und des Kernes, durch eine Verschiebung der Kernplasmarelation, d. h. in einer stärkeren Zunahme der Plasmamasse gegenüber dem Kern, durch Auftreten von Luft im Zellinhalt, durch Anhäufung und oft vollständige Ausfüllung des Zellumens mit Auswurfstoffen wie Gerbstoff, Phloroglukotannoiden,

---

1) Vgl. auch Lundegårdh, Die Baumarchitektonik. Stockholm 1916.

2) Lipschütz, A., Allgemeine Physiologie des Todes. Die Wissenschaft, 57. Bd. (1915), S. 35.

3) Demange, E., Das Greisenalter. Klinische Vorlesungen. Deutsche Übersetzung. Leipzig 1887. Zitiert nach Lipschütz, A., l. c. p. 38.

Phlobaphenen und hochgradiger Inkrustierung der Membran und des Inhaltes mit Kalk und Kieselsäure.

So wie sich in der tierischen Zelle beim Altern häufig schwarze Pigmentkörper ansammeln, so treten auch in grünen alternden Mesophyllzellen der Blätter häufig ölartige Tröpfchen auf, die von verschiedenen Forschern bald als Assimilationsprodukte, bald als Auswurfstoffe gedeutet wurden[1]).

Eine gewisse Klarheit wurde in diese widerstreitenden Ansichten durch die Untersuchungen A. Meyers[2]) gebracht, die ich seinerzeit in folgender Weise zusammenfaßte[1]). Er teilt die Öltröpfchen in 2 Gruppen, die einen entstehen in den Chlorophyllkörnern und treten aus ihnen heraus (Tropaeolum). Sie bilden das Assimilationssekret. Die anderen stellen das Mesophyllsekret oder kurz das Mesekret dar (Fig. 28), d. h. Öltröpfchen, „welche sich im Zytoplasma der Mesophyllzellen abgelagert finden, sich in viel Alkohol und Chloroform ganz oder großenteils lösen, mit Osmiumsäure bräunen, fast ganz oder ganz flüchtig sind, für uns keinen auffallenden Duft und Geschmack haben und in den jungen Blättern noch weniger entwickelt sind als in den älteren“ (Ilex aquifolium).

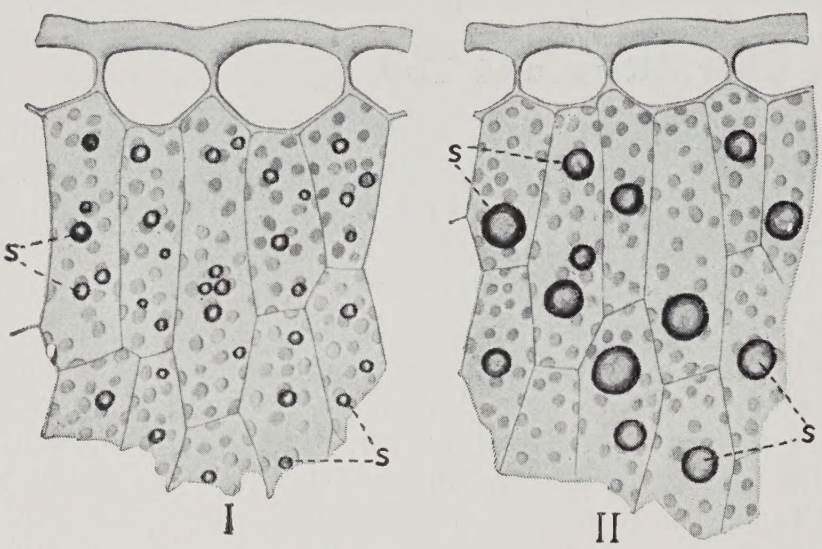

Fig. 28. Mesophyllsekret s. *I* u. *II*, Stücke der Blattoberseite von Taxus baccata. *I* Von einem einjährigen Blatte, *II* von einem vierjährigen. Das Mesophyllsekret bei *II* viel reichlicher als bei *I*. Vergr. 285, Original.

Das Assimilationssekret stellt ein Abfallprodukt dar, das bei der Kohlensäureassimilation entsteht. Es erscheint in den Chloroplasten zuerst in Form undeutlicher Kügelchen (Grana), nimmt aber mit der Dauer der Assimilation derart zu, daß es schließlich in Tropfenform aus den Chlorophyllkörnern austritt. Daher sind die Blätter, die in völliger Dunkelheit erwachsen sind, frei von Assimilationssekret. Dies spricht sehr dafür, daß es sich um einen Auswurfstoff handelt.

Das Mesophyllsekret ist bei vielen Arten der Angio- und Gymnospermen, besonders bei immergrünen, gefunden worden. Einmal ausgeschieden, wird es merklich nicht mehr angegriffen und häuft sich daher in alternden Zellen (Fig. 28) an.

Mit der Auffassung, daß die Pflanze altert und daß sie eine auf- und absteigende Entwicklung hat, die schließlich zum Tode führt, stimmt auch das Gesetz der „großen Periode“. Nach diesem Gesetze wächst ein Pflanzenteil, z. B. eine junge Querscheibe hinter der Wurzelspitze zuerst

---

1) Molisch, H., Mikrochemie der Pflanze. 3. Aufl. 1923, p. 383.

2) Meyer, A., Morphologische und physiologische Analyse der Zelle bei Pflanzen und Tieren. I. Teil. Jena 1920, p. 313.

langsam in die Länge, dann rasch, immer rascher, zeigt einige Zeit maximalen Zuwachs, wächst dann wieder langsam, immer langsamer und schließlich gar nicht mehr. Diese Erfahrung gilt im großen und ganzen nicht bloß für Zellen und Organe, sondern — und dies wird häufig übersehen oder nicht genügend betont — auch für das ganze Individuum. Es ist ganz interessant, sich mit Rücksicht darauf die Wachstumsgesetze des Baumes zu vergegenwärtigen, wie sie z. B. für den Höhenzuwachs der Fichte auf Standorten verschiedener Güte festgestellt wurde. „Der Gang des jährlichen Höhenzuwachses ist, wie aus der Fig. 29 ersichtlich, dadurch charakterisiert, daß er aus der sehr geringen Höhenzunahme in der ersten Jugend rasch zunimmt, im Alter von 25—35 Jahren mit etwa 0,5 m in der besten Bonität, dagegen mit wenig mehr als 0,1 m in

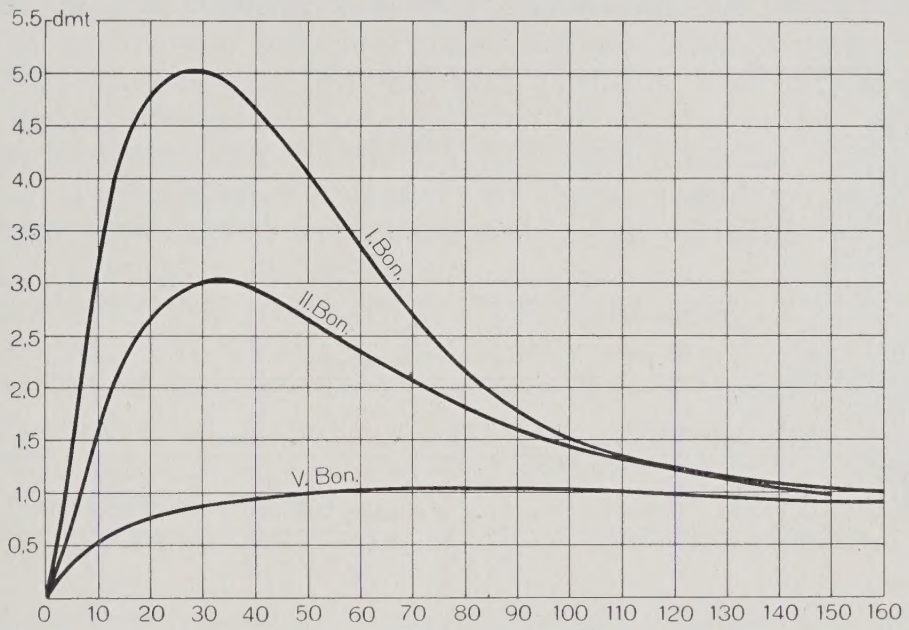

Fig. 29. Höhenzuwachskurven der Fichte von drei verschieden guten Standorten (Bonitäten). Die Abszisse gibt die Jahre des Alters und die Ordinate den entsprechenden jährlichen Zuwachs in 0,1 m an. Vgl. den Text. Nach A. v. Guttenberg.

der geringsten Bonität seinen höchsten Betrag erreicht und von da in den besseren Bonitäten ziemlich rasch, in den geringeren aber nur sehr langsam wieder abnimmt, so daß die Kurven des jährlichen Höhenzuwachses im höheren Alter für alle Bonitäten in einem Betrage von etwa 0,1 m nahezu zusammenfallen. Die vorbezeichneten bedeutenden Höhenunterschiede der Bestände bester und geringster Standortsqualität sind demnach nur in der größeren Intensität des Höhenzuwachses der ersteren in der Jugend begründet, wogegen von einem Alter von etwa 120 Jahren an der Höhenzuwachs in allen Bonitäten von dem genannten Betrage von durchschnittlich 1 dm jährlich weiterhin nur ganz langsam und nahezu gleichmäßig abnimmt“[1]).

Auch die Dicke der Jahresringe zeigt mit vorschreitendem Alter des Baumes im allerersten Anfang geringe Entwicklung, dann eine sehr energische und schließlich wieder Abnahme.

Für das Altwerden ist, wie die Kurven in Fig. 29 deutlich zeigen, die Abnahme der Wachstumsgeschwindigkeit charakteristisch. Für das

1) v. Guttenberg, A., Die Wachstumsgesetze des Waldes. Vortrag. Wien 1885, p. 5.

Tier gilt dasselbe. Wir verdanken Minot[1]) ausführliche Versuche über die tägliche prozentische Gewichtszunahme des Meerschweinchens von der Geburt bis zum 210. Tage, aus denen hervorgeht, daß die Tiere zunächst rapid, dann langsam und immer langsamer wachsen. Bei der Geburt erleiden die Meerschweinchen durch die große plötzliche Störung ihrer Lebensbedingungen eine vorübergehende Hemmung ihrer Entwicklung. Innerhalb 2—3 Tagen erholen sie sich und zeigen eine Gewichtszunahme von 5%. Nach einem Alter von 17 Tagen wachsen sie nur noch um 4%, am 45. Tage um etwas über 1% und von nun an sinkt die Wachstumsgeschwindigkeit langsam und erreicht schließlich am Ende des 1. Jahres beinahe 0 (Fig. 30).

Vergleicht man die beiden Kurven in den Fig. 29 und 30, so zeigen beide einen rasch an- und einen rasch absteigenden Ast, der sich dann

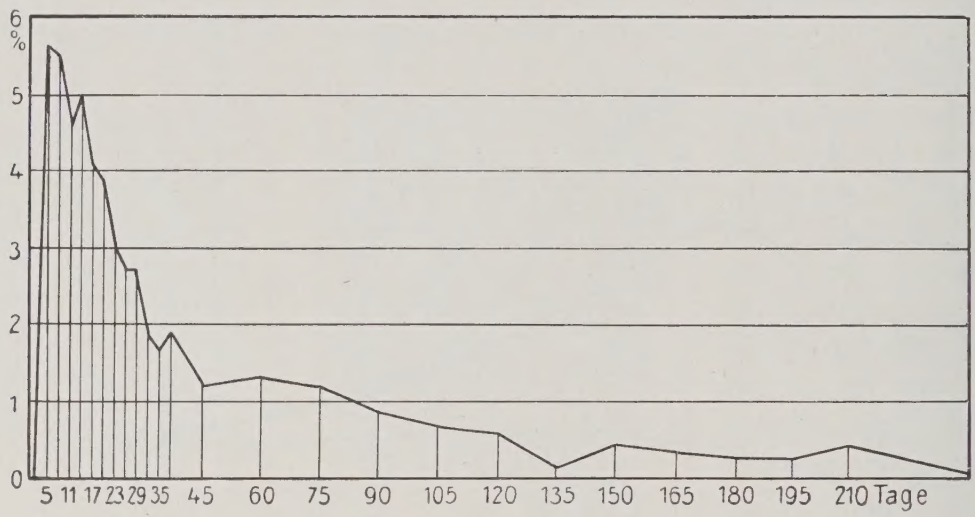

Fig. 30. Kurve der täglichen prozentischen Gewichtszunahme beim Meerschweinchen. Vgl. den Text. Nach Minot.

nur allmählich weiter senkt. Der Unterschied zwischen den beiden Kurven liegt hauptsächlich darin, daß die Wachstumskurve des Meerschweinchens viel rascher auf und absteigt als die Höhenzuwachskurve des Baumes. Begreiflicherweise, denn das Meerschweinchen erreicht seine definitive Größe schon innerhalb eines Jahres, während der Baum noch nach 100 Jahren weiter wächst.

Es wurde bereits früher (p. 5) auseinandergesetzt, daß die Ausscheidungen niedriger Organismen aufeinander einen großen Einfluß ausüben, indem sie auf die weitere Entwicklung durch eine Art Selbstvergiftung schädlich einwirken[2]). So bei Infusorien, der Hefe, Bakterien und Algen.

Auch bei höheren Gewächsen dürfte Ähnliches vorkommen, obwohl ich nicht der Ansicht Metschnikoffs bin, der behauptet, daß die Pflanzen nicht an Erschöpfung, sondern durch Vergiftung infolge der eigenen Stoffwechselprodukte sterben. Meiner Meinung kann beides zum Tode führen, sowohl die Erschöpfung wie die Vergiftung durch bestimmte Auswurfstoffe. Der herbstliche Laubfall und das Abschuppen der Borke stellt ein Mittel

1) Minot, Ch. S., Moderne Probleme der Biologie. 6 Vorträge usw. Jena 1913, p. 58.

2) Küster, E., Botan. Betrachtungen über Alter und Tod. Berlin 1921, p. 15.

der Pflanze dar, sich solcher schädlicher oder unnützer Stoffe wenigstens teilweise zu entledigen. Vielleicht findet auch eine Ausscheidung von Giftstoffen durch die Wurzel statt, wie Molliard (1915) durch Versuche mit Erbsenkulturen nachzuweisen versuchte, oder durch die Blätter vieler, namentlich krautiger Pflanzen, die durch Auspressen von Wassertropfen aus den Hydathoden sich gewisser Exkrete entledigen können[1]). Aber ein Teil der toxischen Stoffwechselprodukte bleibt in den Geweben der Pflanze doch noch übrig, man denke nur an das Kernholz der Bäume, das ja schon im lebenden Baume augenscheinlich durch Abfallprodukte zum Absterben gebracht wird.

Aus all dem ist zu ersehen, daß das Altern und endliche Absterben zum großen Teil auf chemische Vorgänge zurückzuführen ist.

Eine wesentlich andere Anschauung über das Alter und den natürlichen Tod suchte der bekannte amerikanische Biologe Minot[2]) zu begründen. Dieser machte interessante Versuche über die Wachstumsgeschwindigkeit des Meerschweinchens und fand, daß ein ursächliches Verhältnis zwischen dem Grade der Differenzierung der Zellen und der Wachstumsgeschwindigkeit besteht. Er findet: „daß die nicht differenzierten Zellen sich schnell teilen können und daß die weiter differenzierten Zellen sich nur langsamer teilen können und endlich, daß die am vollständigsten differenzierten Zellen sich gar nicht teilen. ... Die Seneszenz wird durch die Zunahme und Differenzierung des Protoplasma verursacht“[2]). Die Richtigkeit seiner Ansicht sieht Minot in der Tatsache, daß junge Zellen umgekehrte Verhältnisse zeigen. Diese haben einen Kern und wenig nichtdifferenziertes Protoplasma. Er unterscheidet zwei Hauptperioden der Entwicklung, die erstere viel kürzere zeichnet sich durch die überwiegende Zunahme der Kerne, die andere viel längere durch das Wachstum und die Differenzierung des Protoplasmas aus. Die erste Periode ist die der Verjüngung, die zweite die des Altwerdens. Die von Minot hauptsächlich nach Untersuchungen an tierischen Zellen gewonnene Anschauung ist sehr ansprechend und kann auch für die Pflanzenzelle in Anspruch genommen werden, auch deshalb, weil sie das Alter als eine Phase der Ontogenie jeder Zelle hinstellt. Es ist nur vorläufig zu bedauern, daß wir über das Wesen der Differenzierung im Plasma wenig unterrichtet sind, weder nach der morphologischen noch nach der physikalischen noch nach der chemischen Seite. Wir sehen vorläufig nur, daß die Zellen sich im Laufe ihres Lebens bei den Vielzellern bestimmten Aufgaben anpassen, sich funktionell differenzieren, in einen Dauerzustand übergehen und dadurch ihre Fähigkeit, sich zu teilen und zu verjüngen, verlieren. Das Altern führt schließlich zum Tode, der letzten Phase der Entwicklung. Über das Wesen des Todes wissen wir nichts und über dem Wesen des Lebens liegt gleichfalls ein dichter Schleier, den hoffentlich die Zukunft der Biologie lüften wird.

Um die Ansicht, daß das Altern und schließlich der Tod durch schädliche Stoffwechselprodukte, also durch eine Art Selbstvergiftung herbeigeführt wird, zu stützen, machte Zlatoroff[3]) Versuche, indem er Keimlinge der

---

1) Stahl, E., Zur Physiologie und Biologie der Exkrete. Flora 1920, p. 1.

2) Minot, Ch. S., Moderne Probleme der Biologie. Jena 1913, p. 65.
Ders., The problem of age, growth and death. New York u. London 1908.

3) Zlatoroff, A., Über das Altern der Pflanzen. Zeitschr. für allgem. Physiologie, 17. Bd., 1916.

Kichererbse in Nährlösungen zog, denen ein Extrakt aus älteren Pflanzen der gleichen Art zugesetzt wurde. Verglichen mit den Kontrollversuchen ohne Extrakt konnte er in den mit einem Auszug versehenen Kulturen eine deutliche Verminderung der Wachstumsgeschwindigkeit feststellen. Dieser Versuch scheint mir sehr beachtenswert; bevor jedoch daraus weitgehende Schlüsse gezogen werden, müssen Versuche noch auf breiterer Basis und unter kritischer Analyse gemacht werden.

Über physiologische Alterserscheinungen der Pflanze verdanken wir Weber[1]) eine lehrreiche Übersicht, aus der ich einiges hier vorbringen will, soweit es nicht schon an anderen Stellen dieses Buches geschehen ist.

Im Blatte vollzieht sich die Kohlensäureassimilation. Willstätter und Stoll[2]) haben gezeigt, daß junge Blätter stärker assimilieren als alte. Bestimmt man die Assimilationsgröße zu verschiedenen Jahreszeiten, so zeigt sich im Verlaufe der Vegetationsperiode ein sehr deutliches Sinken dieser Größe. Bezeichnet man als Assimilationszahl $= \frac{\text{stündl. assimiliertes } CO_2 \text{ (g)}}{\text{Chlorophyll (g)}}$, d. h. die Menge von CO_2, die bei optimalen Verhältnissen von der 1 g Chlorophyll enthaltenden Blattmenge assimiliert wird, also „die stündliche Leistung bezogen auf 1 g Chlorophyll", so beträgt für Sambucus nigra am 1. V. die Assimilationszahl 12,2, am 14. VII. nur mehr 6,2. Dieses Sinken der assimilatorischen Leistung hängt nicht von der Jahreszeit, sondern mit dem mit der Jahreszeit zunehmenden Alter des Blattes zusammen. Ja das Assimilationsvermögen kann gegen den Spätherbst in gewissen Fällen so abnehmen, daß es auf Null sinkt. So bei Robinia, Tilia cordata und Ampelopsis. „Ältere Blätter wurden im Oktober und November in noch gut grünem Zustande gepflückt. Sie zeigten nur sehr geringe Assimilationsleistungen oder fast keine mehr, während vom gleichen Stamm und zur selben Zeit von den Spitzen der Zweige gepflückte jüngere Blätter noch gute Assimilationszahlen ergaben. Der Vergleich der beiden Blattsorten vom nämlichen Zweig und von derselben, übrigens noch frühen Zeit des milden Herbstes ergibt für Ampelopsis quinquefolia bei genau übereinstimmendem Chlorophyllgehalt eine über achtmal größere assimilatorische Leistung der jüngeren Blätter. Dieser Unterschied findet in den Assimilationszahlen 0,9 und 7,9 der alten und der jungen Blätter seinen Ausdruck.

Bei den nicht mehr funktionstüchtigen Blättern vermögen wir an mikroskopischen Schnitten keine Veränderungen wahrzunehmen, die für die Aufhebung der Assimilation verantwortlich wären. Die Chloroplasten der jüngeren und der älteren Blätter waren etwa gleich groß und gleich geformt und alle gekörnt. ...". Nach Willstätter und Stoll soll die Abnahme der Assimilation durch ein dabei mitbeteiligtes Enzym bedingt sein, das gegen den Herbst zu an Wirksamkeit stark einbüßt.

Es liegen auch Erfahrungen vor, aus denen hervorgeht, daß die Atmung mit dem Alter, z. B. der Blätter, nachläßt. Nach Harder[3]) gilt dies auch für Meeresalgen: „Bei fast allen Pflanzen ist die Atmung der jüngeren Teile wesentlich stärker als die der älteren. Das trifft nicht

1) Weber, Fr., l. c.

2) Willstätter und Stoll, Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. Berlin 1918.

3) Harder, R., Beiträge zur Kenntnis des Gaswechsels der Meeresalgen. Pringsh. Jahrb. f. wissensch. Botanik, 56. Bd. (1915), p. 274.

nur für die Laubteile zu, sondern ist ebenso auch bei jungen und alten Stielen von Laminaria."

Nach Benedict[1]) weisen nicht nur verschieden alte Teile derselben Pflanze verschiedene Intensitäten der Assimilations- und Dissimilationsvorgänge auf, sondern — und dies ist von besonderem Interesse — gleich alte Blätter verschieden alter Holzgewächse assimilieren und atmen ungleich stark. Blätter eines 60jährigen Weinstockes assimilieren schwächer als die jungen aus Samen gezogenen Reben.

Die Transpiration nimmt ebenfalls mit dem Alter der Blätter ab[2]). Junge Blätter transpirieren unter sonst gleichen Bedingungen mehr als alte. Nach Seeliger[3]) darf dieser Satz allerdings nicht verallgemeinert werden, da bei vergilbten Blättern von Populus eine Veränderung der Transpiration nicht nachgewiesen werden konnte. Welche Veränderungen im Blattbau die Abschwächung der Transpiration veranlassen, bedarf noch der näheren Prüfung, es ist aber in hohem Grade wahrscheinlich, daß der jeweilige Zustand der Spaltöffnungsapparate dabei eine Rolle spielt. Aber nicht nur das, es scheint auch der organographische Charakter des Sprosses eine Rolle zu spielen, denn bei Acer pseudoplatanus transpirieren Blätter von Wurzelschößlingen stärker als solche von Baumkronen. Slogteren[4]) gibt an, daß die Stomata junger Blätter eine größere Beweglichkeit haben als die der älteren, und nach Linsbauer[5]) stellt sich bei älteren Blättern krautiger Pflanzen gewöhnlich ein Starrezustand ein, der sich in einem Schwinden der Regulationstätigkeit zu erkennen gibt. „Gewöhnlich ist die Beweglichkeit in einem gewissen mittleren Alter am größten. Am auffälligsten fand ich die Erscheinung bei Vaccinium vitis idaea ausgeprägt, bei welcher die Stomata im Hochsommer an den diesjährigen Trieben in der Regel fast durchwegs geschlossen sind, während die der vorjährigen Blätter in typischer Weise auf Licht- und Feuchtigkeitsschwankungen reagieren, wovon man sich leicht mit der Infiltrationsmethode jederzeit mühelos überzeugen kann."

Neger[6]) führt für Koniferennadeln folgendes aus: „Untersucht man die einzelnen Jahrestriebe der Fichte, Tanne usw. einerseits auf ihren Wassergehalt, andererseits auf ihren Transpirationsverlust, so ergibt sich, daß der Wassergehalt mit zunehmendem Alter fällt, während die Transpiration um so größer ist, je älter der Trieb. Hieraus darf zweifellos der Schluß gezogen werden, daß die Spaltöffnungen der einjährigen Nadeln auf Trockenheit besser reagieren, d. h. beweglicher sind, als diejenigen der 2-, 3-, ... n-jährigen Nadeln. .... Die Reaktionsfähigkeit der Schließzellen nimmt ab mit dem Alter der Nadel".

Wie ich seinerzeit gefunden habe, werden bei alten Blättern von Tradescantia guianensis viele Spaltöffnungen verstopft, indem die an die Atemhöhlen angrenzenden Mesophyllzellen in diese Höhlen hinein-

---

1) Benedict, H. M., Senile changes in leaves of Vitis vulpina L. and certain other plants. Cornell university agric.-experim. station. June 1915, p. 281—365.

2) Burgerstein, A., Die Transpiration der Pflanzen. 1904, p. 59.

3) Seeliger, R., Über den Verlauf der Transpiration in den verschiedenen Altersstadien des Blattes. 1911. Diss. Göttingen.

4) Slogteren, E. van, Der Gaswechsel im Blatt in Beziehung zu den Stomata usw. Dissert. Groningen 1917.

5) Linsbauer, K., Über die Physiologie der Spaltöffnungen. Die Naturwissenschaften 1918, p. 88.

6) Neger, Fr. W., Biologie der Pflanzen 1913, p. 147.

wachsen und sie verstopfen[1]). Ähnliches hat Schwendener für Camellia japonica und Prunus Laurocerasus beobachtet.

Oft und oft ist mir aufgefallen, daß junge Blätter die Guttation in höchst prägnanter Form zeigen, während alte Blätter die Tropfenausscheidung viel weniger erkennen lassen oder ganz einstellen. Das ist, soweit meine ausgedehnten Beobachtungen reichen, eine allgemeine Erscheinung.

Die Reaktionsfähigkeit gegenüber äußeren Reizen wie Schwerkraft, Licht u. a. nimmt mit dem Alter gleichfalls ab und ebenso die Regenerationsfähigkeit und Neubildung von Organen, z. B. von Wurzeln, wie ich dies an einer späteren Stelle dieses Buches und wie Goebel für Adventivsprosse der Farne dargetan hat. Nach diesem Forscher[2]) erweisen sich Keimpflanzen weniger stark induziert als ältere, denn sie vermögen tiefer greifende Umwandlungen ihrer Organisation vorzunehmen. Junge Pflanzen von Phyllanthus können ihre dorsiventralen Seitenzweige leichter in radiäre umwandeln als ältere.

Wie Schneider-Orelli beobachtet hat, vermögen junge Apfelfrüchte nach Verletzungen ihre Wunden leichter durch Bildung von Periderm auszuheilen als alte.

Jugendliche Rhizoiden von Lebermoosen sind nach Kreh noch regenerationsfähig, alte hingegen meist nicht mehr.

Von den Gallen ist es bekannt, daß sie sich nur in noch in Entwicklung begriffenen Organen zu bilden vermögen.

Auch bei der Erscheinung der Polarität zeigt sich der Unterschied zwischen Alt und Jung. Wir verdanken darüber Vöchting[3]) einschlägige Beobachtungen. Werden Zweigstücke der Weide im finsteren feuchten Raume aufgehängt, so bilden sich als Ausdruck der Polarität am oberen Ende Sprosse und am unteren Wurzeln. Sind die Zweigstücke jung, so ist der Gegensatz zwischen Spitze und Basis sehr scharf, weil sich die Sprosse knapp unter der Schnittfläche entwickeln und ebenso auch die Wurzeln. Dieser schroffe polare Gegensatz verwischt sich bei alten Zweigen, die Entstehungspunkte der Sprosse und Wurzeln rücken mehr von den Zweigenden ab und nähern sich einander „in einer mit dem Alter der Zweige zunehmenden, aber eine gewisse Grenze nicht überschreitenden Entfernung von beiden Enden". Mit steigendem Alter nimmt die Schnelligkeit und Energie der Neubildung der Organe ab, ohne aber auch im höchsten Alter zu verschwinden.

Daß das Vergilben der Blätter eine typische Alterserscheinung ist, wurde bereits auf p. 83 auseinandergesetzt. Meine diesbezüglichen Beobachtungen[4]) wurden später von A. Meyer[5]) Punkt für Punkt bestätigt und die allmähliche Verkleinerung der Chromatophoren und des Zellkerns während des Vergilbens durch genaue Messungen nachgewiesen.

---

1) Molisch, H., Zur Kenntnis der Thyllen, nebst Beobachtungen über Wundheilung in der Pflanze. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Kl., Bd. 97, Jahrg. 1888, p. 295.

2) Goebel, K., Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen 1908, p. 88.

3) Vöchting, H., Über Organbildung im Pflanzenreich, 1. Teil, p. 54—62.

4) Molisch, H., Über die Vergilbung der Blätter. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien 1918.

5) Meyer, A., Eiweißstoffwechsel und Vergilben der Laubblätter von Tropaeolum majus. Flora 1918, p. 85.

Nach A. Meyer wird im alternden Blatte auch das Organeiweiß allmählich gelöst, wodurch der Kern kleiner wird. Durch Kiehn[1]) wurde auch die Abnahme der Nukleolarsubstanz mit zunehmendem Alter der Blätter dargetan. Junge Kerne enthalten gewöhnlich große Nukleolen, alte verhältnismäßig kleine.

In tierischen Zellen gibt Hartmann[2]) gleichfalls als Zeichen des Alters abnehmende Kern- und meist auch Nukleolusgröße an.

Doms[3]) ist der Meinung, daß die Ursache des Alterns schon im jungen Organismus vorhanden sein muß. Sie könne nicht in einer Strukturveränderung, sondern nur in der Ursache für diese, d. h. in der Konstitution erblickt werden. Veränderungen in Zellkernen als den eigentlichen „Trägern der Form" kommen beim Altern nach Doms in Betracht.

Was das Protoplasma anbelangt, so beobachtete bereits Schwarz[4]), daß das Zytoplasma in sehr jungen Pflanzenteilen sehr stark quillt, in älteren tritt Vakuolenbildung ein und in sehr alten kann sowohl Quellung als auch Vakuolenbildung unterbleiben.

Nach Chifflot ist die Brownsche Molekularbewegung nur im jungen Plasma gut zu sehen, viel weniger gut aber im alternden.

Auch Russo[5]) findet, daß bei ultramikroskopischer Beobachtung in jungen Zellen die Teilchen in viel lebhafterer Bewegung begriffen sind als in alten, wahrscheinlich weil die Viskosität des Plasmas mit dem Alter zunimmt.

Alte und junge Zellen zeigen auch gegenüber Farbstoffen ein ungleiches Verhalten. Wie ich aus Webers bereits erwähnter Arbeit entnehme, besitzen junge Zellen tierischer Gewebe und des Blutes ein basophiles Protoplasma, angeblich bedingt durch einen spezifischen im Plasma enthaltenen Stoff. Demole[6]) gibt ein analoges Verhalten für pflanzliche Zellen an. Vegetationsspitzen von Elodea und Osmunda wiesen mit geeigneten Farbstoffen einen basophilen Charakter des Plasmas des Vegetationsscheitels auf, der aber mit dem Alter der Zelle verschwindet.

Zacharias[7]) hebt gleichfalls hervor: „Die alternden Kerne in Gefäßzellen mit anscheinend vollendeter Wandverdickung unterscheiden sich von den jüngeren wachsenden Kernen durch ihren geringen Gehalt an magensaftlöslichen Stoffen. Verdauliche Substanz war in den alternden Kernen außerhalb des Nukleolus nicht in nachweisbarer Menge vorhanden, wie solches bei den jungen Kernen der Fall war".

Wie verschieden sich junge und alte Zellen in manchen Punkten verhalten, erschließe ich auch aus folgendem. Zieht man Bohnen oder andere Keimlinge in kalkfreien Lösungen, so sterben die wachsenden Zonen der Organe ab, während die ausgewachsenen Teile lebendig bleiben.

1) Kiehn, Ch., Die Nukleolen von Galthonia candicans Decsne. Inaug.-Dissert. Marburg 1917.

2) Hartmann, O., Archiv f. Zellforschung, Bd. XV, 1919.

3) Doms, H., Über Altern, Tod und Verjüngung. Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch. 1921, **23**, p. 250—309.

4) Schwarz, F., Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. Cohns Beiträge z. Biologie d. Pflanze, Bd. V, Heft 1.

5) Russo, P., De l'action du chlorure de sodium sur les albumines, étudiée à l'ultramicroscope. C. R. soc. Biol. Paris, I, p. 716—718, 1910.

6) Demole, V., La basophilie des jeunes cellules végétales. Bull. Soc. Bot. Genève, 2. sér. VIII (1916), p. 167.

7) Zitiert nach Weber, F., l. c. Vgl. auch Miehe, H., Das Archiplasma. Jena 1926, p. 60—61.

Der Feuerbohnenstengel stirbt infolge von Kalkmangel knapp unter der Knospe des Epikotyls und wird braun, während die mit Reservestoffen prall gefüllten Keimblätter und der ausgewachsene Teil des Stengels keinen merkbaren Schaden erleiden.

Ähnliches beobachtete ich bei der intramolekularen Atmung der Keimlinge. Auch hier sterben, wenn der Mangel an freiem Sauerstoff einige Zeit anhält, die wachsenden Zonen zuerst, mit anderen Worten, junge noch im Wachsen befindliche Zellen unterliegen intramolekularer Atmung viel früher als fertig ausgebildete.

Daß auch im Zellsafte tiefgreifende Veränderungen mit vorschreitender Lebensdauer sich einstellen können, steht wohl außer Zweifel. Man denke nur an die Rotfärbung des herbstlichen Laubes, die auf einer Überfüllung des Zellsaftes alternder Zellen mit Anthozyan beruht. Wenn die jungen Zellen der Blütenknospen des Lungenkrauts, Pulmonaria, und des Vergißmeinnichts, Myosotis, zunächst rot und später in den bereits geöffneten Blüten blauviolett erscheinen, so beruht dies auf einer Abnahme des Säuregehaltes in den alternden Zellen. Nach Benedict enthalten junge Blätter mehr Säuren als alte und nach Pantanelli nimmt der Turgor beim Altwerden der Pilzhyphen ab.

Wie diese einzelnen Symptome des Alterns in den Zellen mit dem Tode verknüpft sind, ob ursächlich oder bloß begleitend, wissen wir nicht. In den letzten Jahrzehnten hat die physikalische Chemie und mit ihr die Kolloidchemie einen großen Aufschwung genommen. Da die meisten Bestandteile der Zelle und allen voran das Plasma sich aus Kolloiden zusammensetzen, so darf es nicht wundernehmen, daß auch der Versuch gemacht wurde, das Sterben der lebendigen Substanz auf kolloidchemische Vorgänge zurückzuführen. Einer der wichtigsten Bestandteile des Plasmas ist das Eiweiß und eine der charakteristischesten Eigenschaften dieses, die Fähigkeit der Koagulation. Alle Vorgänge, die die Gerinnung des Eiweisses verursachen, töten auch das Protoplasma. Zwischen der Koagulation unbelebter Eiweißsole und der der lebenden Substanz besteht eine große Ähnlichkeit, worauf Lepeschkin[1]) und Bechold[2]) besonders hingewiesen haben. Es ist kein Zufall, daß man in der Kolloidchemie schon seit längerem von der „Lebenskurve", vom Altern[3]) und sogar vom Tod der Kolloide spricht. Rasch erstarrte Gelatine ist für Kristalloide anfangs leicht durchgängig, mit ihrem Alter wird sie weniger permeabel und Ähnliches nimmt man auch für das Plasma an, denn auch dieses soll in alternden Zellen an Permeabilität einbüßen (Benedict). Wenn ich früher auf die hochgradige Inkrustation der Zellhaut mit mineralischen Substanzen, insbesondere mit Kalk und Kieselsäure als eine Mitursache des Alterns und des Todes hingewiesen habe, so findet diese Ansicht eine Stütze in den Untersuchungen von Herzfeld und Klinger[3, 4]), nach denen ältere Plasmahäute, die schon längere Zeit Stoffe aus- und eintreten ließen, ihre Filtergitter nach und nach verstopfen und daher an Durchlässigkeit verlieren.

---

1) Lepeschkin, W. W., Zur Kenntnis der Todesursache. Ber. d. deutsch. bot. Ges., XXX. Bd., 1912, p. 528.

2) Bechold, H., Die Kolloide in Biologie und Medizin. 3. Aufl., 1920, p. 76—78.

3) Herzfeld und Klinger, Zur physikal. Chemie der Flüssigkeiten. 1919.

4) Dies., Biochemische Zeitschr., **83**, 1917.

2.
Ist der Baum potentiell unsterblich?

Würde eine höhere Pflanze, z. B. der Baum, falls er von allen erdenklichen Schäden, denen er in der Natur ausgesetzt ist, bewahrt bliebe, unbegrenzt weiter leben, oder würde er trotzdem aus inneren Gründen schließlich doch dem Tode anheimfallen? Würde er, wenn er mit genügender Nahrung versorgt wäre und keinerlei Angriffe durch tierische und pflanzliche Schädlinge, Blitz, Orkane, Kälte, Hitze oder andere Umweltsfaktoren erlitte, unbegrenzt weiter leben? Mit anderen Worten: gibt es beim Baume einen physiologischen Tod? Die herrschende Meinung unter Botanikern ist nun auffallenderweise die, daß der Baum tatsächlich potentiell unsterblich ist[1]). Jede Knospe und jede Wurzelspitze endet in einem Vegetationspunkt, der aus einem Teilungsgewebe (Meristem) besteht. Seine Zellen sind in lebhafter Teilung begriffen, gehen nach unten in Dauerzellen über, verjüngen sich aber durch fortgesetzte Teilung nach oben. Bei einer 100jährigen Tanne endet der primäre Gipfelsproß, falls er nie verletzt wurde, in einen ebenso alten Vegetationspunkt. Der Baum ist daher an den Knospenenden und den Wurzelspitzen, also an zahllosen Punkten durch die Vegetationskegel mit embryonalem Gewebe versehen, das anscheinend fortwährend weiter wächst und sich gleichzeitig verjüngt. Die meisten Botaniker meinen nun, daß diese Vegetationspunkte sich nicht ändern, nicht altern und immer jung bleiben. Es besteht demnach im großen und ganzen ein großer Unterschied in der Organisation des höheren Tieres und der höheren Pflanze. Die Pflanze kann, weil mit Vegetationspunkten versehen, anscheinend fortwährend weiter wachsen, sie erreicht nie einen Zustand, wo sie als ausgewachsen erscheint, im Gegensatz zum höheren Tier, das solcher embryonaler Gewebe wie der Vegetationspunkte entbehrt und daher sein Wachstum verhältnismäßig bald abschließt. Dieser ausgewachsene Zustand kann jahrelang währen, ja er kann einen großen Teil der Lebensdauer ausmachen. Küster[2]) hat die höheren Pflanzen aus den dargelegten Gründen „offene" und die Tiere „geschlossene" Formen genannt. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß alle Organe der Pflanze offen sind, denn die Blätter sind fast immer geschlossen und die Samen und Früchte stets.

Die Ansicht von der potentiellen Unsterblichkeit des Baumes hat die Annahme zur Voraussetzung, daß die Vegetationspunkte sich nicht ändern, auch nicht altern. Ist diese Ansicht berechtigt?

Ich möchte zunächst darauf aufmerksam machen, daß der Vegetationspunkt des Embryo die Mutter aller anderen Vegetationspunkte der oberirdischen Organe ist. Diese sind aber durchaus nicht gleich; obwohl sie aus dem Vegetationspunkt der Plumula hervorgehen, liefern sie doch ganz verschiedene Organe, Laub-, Blütenknospen, Ranken, Dornen u. a. Daher müssen viele der Tochtervegetationspunkte Änderungen erleiden, so daß sie andere Produkte liefern als die ursprünglichen.

Von Bedeutung für unsere Frage scheinen mir auch die interessanten und, wie mir scheint, bis auf den heutigen Tag viel zu wenig gewürdigten

---

1) Benecke, W. und Jost, L., Pflanzenphysiologie, Bd. II. Jena 1923, p. 215.
2) Küster, E., Botanische Betrachtungen über Alter und Tod. Abhandl. z. theoretischen Biologie, Heft 10 (1921), p. 3.

Untersuchungen Benedicts[1]). Ich sagte darüber an anderer Stelle[2]): „Auf Grund zahlreicher Beobachtungen und Messungen konnte die Tatsache festgestellt werden, daß beim Weinstock und anderen Gehölzen die Aderung des Blattes mit zunehmendem Alter des Mutterstockes eine bestimmte Veränderung erleidet: die durch die kleinsten Auszweigungen der Nervatur gebildeten Maschen des Geäders

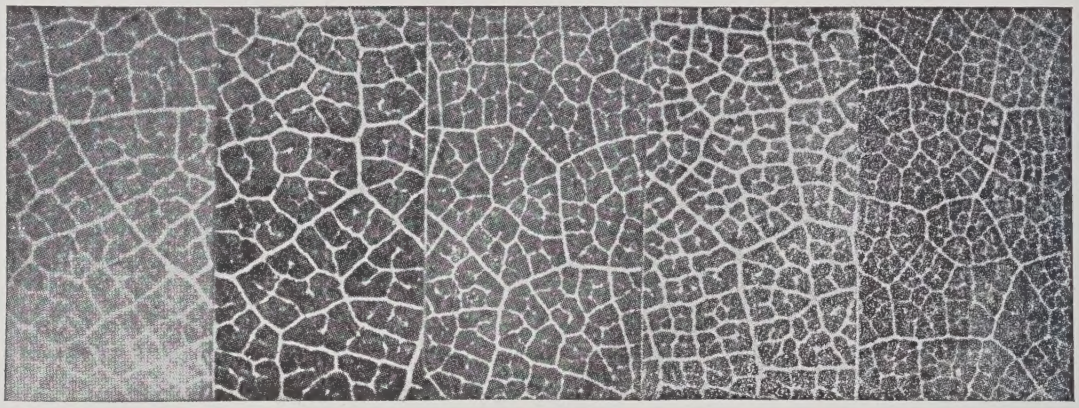

Fig. 31. Vitis vulpina. Aderinseln der Blätter von 3-, 6-, 14-, 28- und 60jährigen Weinstöcken. Die Maschen der Nervatur junger Blätter sind groß, die alter Blätter klein. Nach Benedict.

werden kleiner (Fig. 31). In einem bestimmten Falle wurden folgende Werte für Vitis vulpina gefunden:

Durchschnittlicher Flächeninhalt der Adermaschen in Weinblättern, geordnet nach dem Alter:

Anzahl der Jahresringe	3—5	6—11	14—25	28—35	50—70
Fläche der Adermaschen in qmm	0,4941	0,3727	0,2969	0,2211	0,1638

Ähnliches ergab sich auch für das Geäder von Tecoma radicans, Salix nigra, Castanea dentata, Quercus alba und anderen Bäumen. Auch hier tritt mit dem Alter eine Verkleinerung der Aderinseln ein. Benedict fand auch eine Abnahme der Intensität der Kohlensäureassimilation, der Atmung und der Spaltöffnungszahl mit zunehmendem Alter.

Die Annahme, daß die Änderung der Blattaderung beim Altern auf eine geringere Leistungsfähigkeit der Wurzel und des Stammes zurückzuführen sei oder auf eine Anhäufung von Giftstoffen, weist Benedict zurück, weil ja Stecklinge oder Reiser von alten Bäumen, obwohl sie sich von neuem bewurzeln und auch sonst neu aufbauen, die Kleinheit der Adermaschen trotzdem unverändert übernehmen. Er kommt daher zu dem Schlusse, daß die Meristeme selbst mit dem Alter eine Änderung erfahren, die zur Altersschwäche oder Senilität führt.“ Die Versuche des genannten Autors liefern von neuem den Beweis, daß durch un-

1) Benedict, H. M., Senile changes in leaves of Vitis vulpina L. and certain other plants. Cornell university agric.-experim. station. June 1915, p. 281—365.

2) Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 5. Aufl. 1922, p. 263—264.

geschlechtliche Fortpflanzung, in unserem Falle durch Stecklingszucht, die Eigenschaften der Mutterpflanze (hier die Maschengröße des Adernetzes) unverändert auf die Nachkommen übergehen. Dies ist seit langem bekannt und von dieser Tatsache wird ja auch in der Gärtnerei vielfach Gebrauch gemacht, wenn es gilt, eine neuauftauchende wertvolle Varietät, sei es im Wuchs, im Bau oder der Farbe der Blüte, in der Form oder Panaschierung der Blätter oder sei es in der Qualität der Frucht dauernd zu erhalten. Dabei wurde die Erfahrung gemacht, daß es bei Gewinnung des Stecklings oder des Edelreises durchaus nicht gleichgültig ist, von welchem Orte des Individuums der Steckling oder das Reis entnommen wurde. Die Laubsprosse an einer höheren Pflanze sind nicht, wie es den Anschein hat, alle einander qualitativ gleich, sondern sie sind individuell verschieden. Es gibt eine Sproßindividualität. Hierzu einige Beispiele. Der junge Efeu, Hedera helix, entwickelt horizontal oder schiefwachsende plagiotrope Sprosse mit 2- bis 5 lappigen Blättern. Die Sprosse alter Stöcke hingegen, die sich bereits mit Blüten bedecken, wachsen aufrecht und haben eiförmig zugespitzte Blätter. Macht man von Zweigen aus der Blütenregion Stecklinge, so bewurzeln sich diese nach längerer Zeit und die daraus gezogenen Pflanzen behalten ihren aufrechten Wuchs und die erwähnte Blattform. Man erhält auf diese Weise jene Efeupflanzen, die die Gärtner Hedera helix var. arborea nennen, obwohl sie keine Varietät darstellen, sondern, um mit Goebel zu sprechen, eine Folgeform der Jugendform (Fig. 32 und 33).

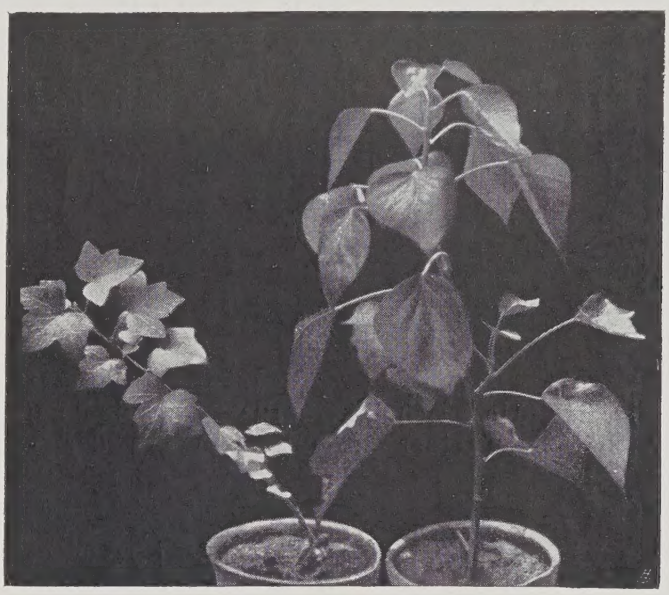

Fig. 32. Hedera helix, zweijährige Efeupflanzen. Links die Jugendform, rechts die Baumform, die letztere gezogen aus einem Steckling der Blütenregion. Original.

Einen auffallenden Unterschied in der Blattgröße und Blattform junger und alter Pflanzen findet man auch bei Ficus pumila (= Ficus stipulata) (Fig. 34).

Als ich diese Differenz zum ersten Male sah, konnte ich kaum glauben, daß die beblätterten Sprosse junger und alter Individuen zur selben Art gehören.

Auch bei Broussonetia papyrifera konnte ich einen auffallenden Unterschied in der Blattform alter und junger Bäume feststellen. Das Blatt junger Sämlinge ist dreifach gelappt, das der alten Bäume ganz ohne Lappung (Fig. 35).

Nur bei nach Verwundung auftretenden neuen Sprossen kann man manchmal auch bei alten Bäumen gelappte Blätter auftreten sehen, desgleichen an Wurzelschößlingen.

Einen anderen, sehr lehrreichen Fall veranschaulicht uns die wegen ihrer regelmäßigen, radiären Verzweigung allgemein bekannte und in

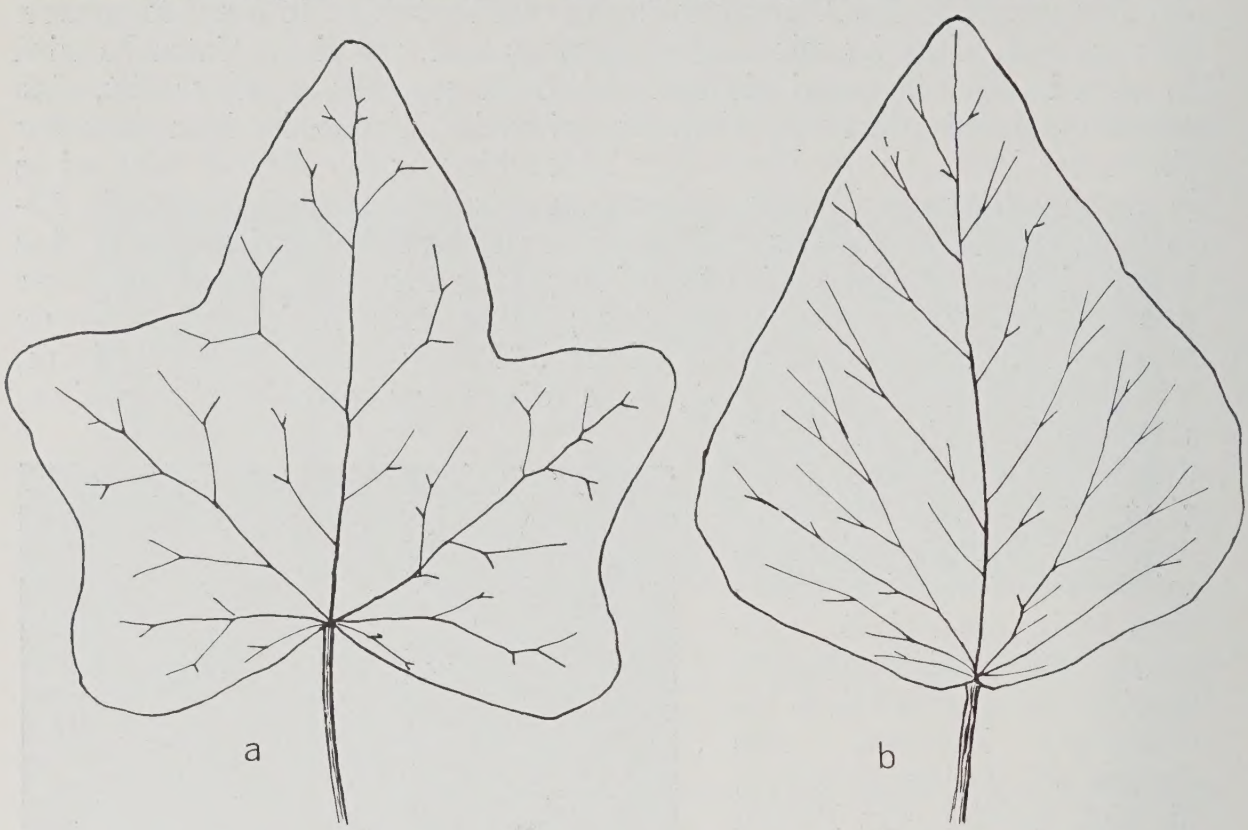

Fig. 33. Hedera helix. *a* Blatt von einem plagiotropen Sproß einer jungen Pflanze; *b* Blatt von einer alten Pflanze aus der Blütenregion. Natürl. Größe. Original.

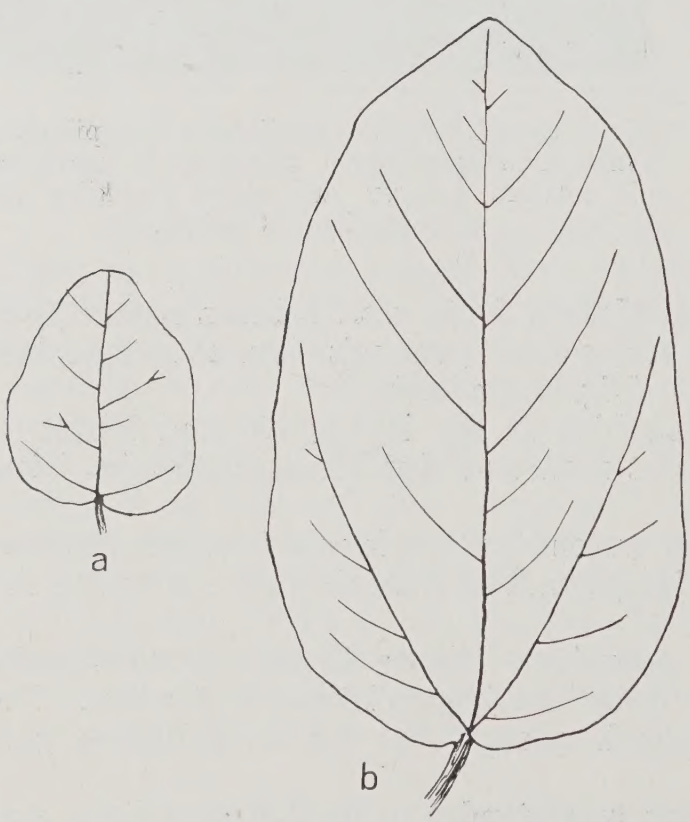

Fig. 34. Ficus pumila (= F. stipulata). *a* Blatt einer jungen Pflanze; *b* Blatt einer alten Pflanze. Natürl. Größe. Original.

Gärtnereien häufig gezogene Araucaria excelsa. Der Hauptsproß wächst kerzengrade in die Höhe, von ihm zweigen quirlig gestellte, horizontale Seitenzweige erster Ordnung ab. Unten 3—4, etwas höher 4—6, auch mehr (Fig. 36). Köpft man bei einer gewöhnlichen Tanne oder Fichte den Gipfelsproß, so erhebt sich einer der höchstliegenden Seitenäste erster Ordnung und übernimmt die Rolle des beseitigten Hauptsprosses. Eine solche Vertretung findet bei Araucaria nicht statt. Die Seitenachse hat hier nicht die Fähigkeit, sich zu erheben, hingegen kann der zurückbleibende Teil der Hauptachse nach der Köpfung aus den Blatt-

achseln radiär gebaute Sprosse erzeugen, die, als Stecklinge verwendet, wieder normale, schön radiär verzweigte Pflanzen geben.

Wird aber ein horizontaler Seitenzweig erster Ordnung zum Steckling gemacht, so bewurzelt er sich zwar, aber gibt keine radiär verzweigte Pflanze, sondern behält für Jahre, wahrscheinlich für immer seine Natur genau bei (Fig. 37). Dasselbe gilt auch von den schnurförmigen Seitenzweigen zweiter Ordnung (Fig. 38)[1]). Daher benutzen die Gärtner, wenn sie

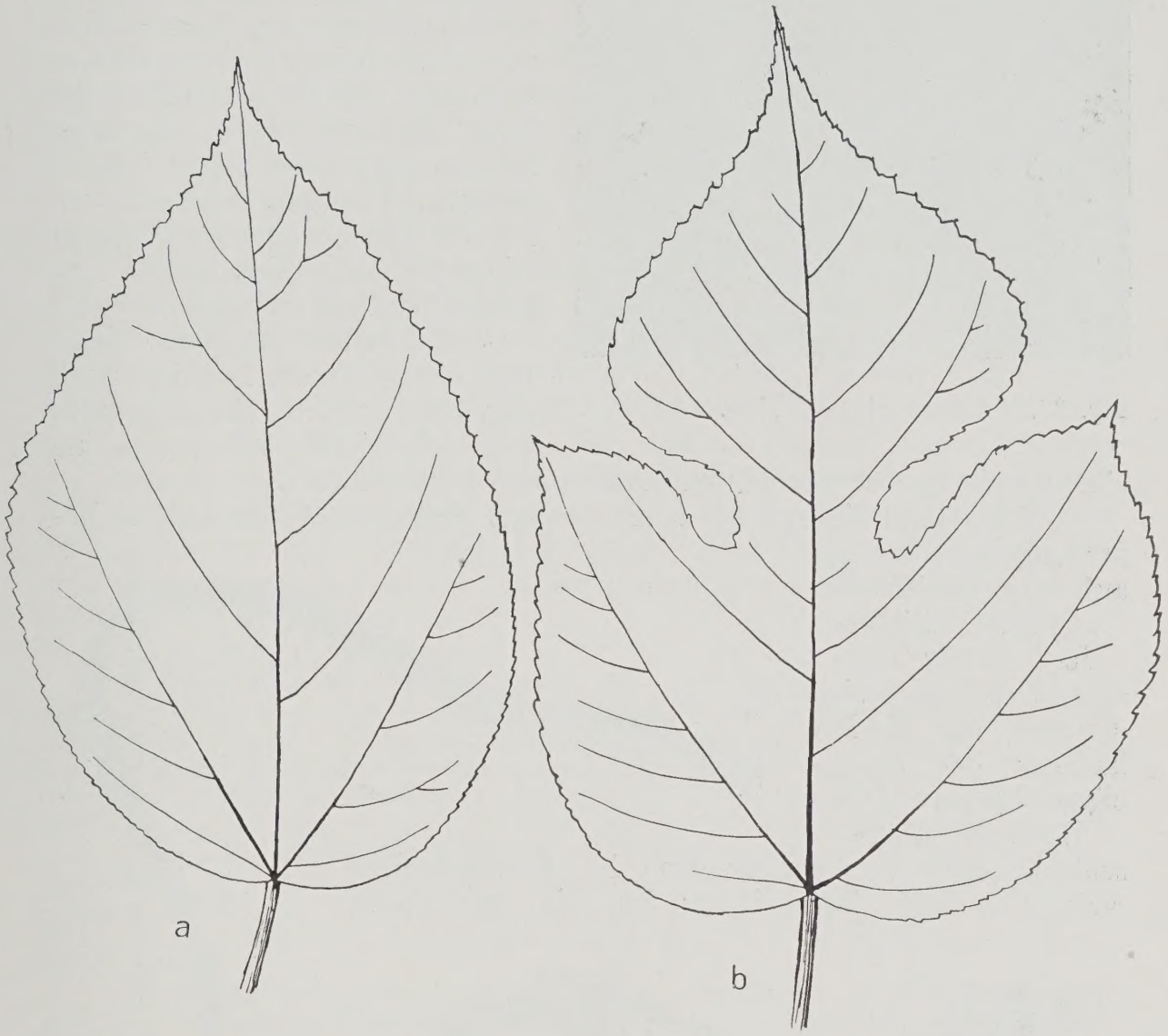

Fig. 35. Broussonetia papyrifera. *a* Blatt eines alten Baumes; *b* Blatt eines jungen 1 m hohen Sämlings. ¾ der natürl. Größe. Original.

schön radiäre Stöcke erzielen wollen, niemals Seitensprosse, sondern nur den Scheitel der Pflanze als Steckling.

Auch von Agathis (Dammara) werden Kopfstecklinge gemacht, weil Seitensprosse dauernd einseitig bleiben und die Fähigkeit, Hauptsprosse zu bilden, vermissen lassen.

Wird die Eibe (Taxus baccata) durch Stecklinge der Seitenzweige vermehrt, so entstehen daraus nicht Baum-, sondern vom

1) Vgl. darüber auch Goebel, K., Einleitung in die experimentelle Morphologie usw., l. c. p. 89—92.

Fig. 36. Araucaria excelsa. Original.

Boden an verzweigte Strauchformen mit mehreren, nebeneinander aufrecht wachsenden, gleichwertigen Achsen.

Es ist durchaus nicht gleichgültig, welche „Augen" eines Rosenstockes zur Pfropfung verwendet werden, denn der Gärtner weiß aus Erfahrung, daß Knospen von sehr langen, nicht blütenbildenden Zweigen, Pflanzen liefern, die zwar rasch wachsen, aber wenige oder keine Blüten bringen, hingegen Knospen von kurzen blütentragenden Zweigen wieder Pflanzen mit kurzen blütenreichen Achsen ergeben.

Zahlreiche Beispiele dieser und ähnlicher Art könnten noch angeführt werden, wer sich dafür interessiert, sei auf meine an einem anderen Ort gemachten Ausführungen verwiesen[1]).

Wenn man die von mir eben namhaft gemachten Fälle und die Erfahrungen der Gärtner auf dem Gebiete der ungeschlechtlichen Vermehrung überschaut, so zeigt sich deutlich, daß die Erhaltung der Sproßeigenschaften auf dem Wege der ungeschlechtlichen Vermehrung eine im Pflanzenreiche weit verbreitete Erscheinung ist, die bald mehr,

Fig. 37.

Fig. 38.

Fig. 37. Araucaria excelsa. Seitensproß erster Ordnung als Steckling gezogen, behält stets seine Eigenart bei. Nach Vöchting.

Fig. 38. Araucaria excelsa. Seitensproß zweiter Ordnung als Steckling gezogen, behält seine Eigenart dauernd bei. Nach Vöchting.

1) Molisch, H., Pflanzenphysiologie usw., p. 257—262.

bald weniger deutlich, bald bis zur Unkenntlichkeit verwischt zutage tritt. Ich sagte diesbezüglich[1]): „Die Laubsprosse sind demnach an vielen Pflanzen, je nach dem Orte, an welchen sie stehen, nicht alle untereinander gleich, sondern mehr oder weniger individualisiert und behalten diese ihre Verschiedenheiten, ihre Natur, als Steckling oder Impfling gezogen, dauernd bei." Ich schlug für diese Erscheinung den Namen „Topophysis" vor.

„Ein Steckling aus der Blütenregion hat eine stärkere Neigung zur Blütenbildung, ein Kopfsteckling liefert eine habituell andere Pflanze als ein Steckling von einer Seitenachse höherer Ordnung, ein Wurzelschoß liefert Pflanzen, die die Tendenz zu Wurzeltrieben in höherem Maße aufweisen als entsprechende Sämlinge, daher soll der Gärtner bei der Stecklingsvermehrung und der Veredlung stets auch den Ort berücksichtigen, von dem der Steckling oder das Reis der Mutterpflanze entnommen wird"[1]). Aus unseren Betrachtungen über Topophysis[2]) geht hervor, daß die Vegetationspunkte an ein und derselben Pflanze je nach dem Orte, an dem sie stehen, verschieden sein können und daß auch die Vegetationsscheitel alter und junger Gewächse derselben Art verschiedene Eigenschaften haben müssen, denn sonst wäre es nicht verständlich, daß sie differente Pflanzen hervorbringen. Solche Tatsachen führen zu dem Schluß, daß die Vegetationspunkte eines Individuums sich nicht zeitlebens gleich bleiben, sondern im Laufe der Zeit auch Änderungen erfahren. Auch die Vegetationspunkte altern und erhalten mit vorschreitendem Alter Eigenschaften, die den daraus sich entwickelnden Sprossen Charaktere ver-

---

1) Molisch, H., l. c. p. 261.

2) Meine Hinweise auf die „Ortsnatur" oder „Topophysis" erinnern an die meiner Meinung nach viel zu wenig gewürdigten Untersuchungen Sperlichs*) über „Phyletische Potenz". Dieser hat bekanntlich gezeigt, daß die Samen von Alectorolophus hirsutus nicht gleich kräftige und lebensfähige Nachkommen liefern. Die Degeneration geschwächter Individuen kann sich äußern: im Absterben von Keimlingen bald nach der Keimung, abnormalem Keimvorgang, Chlorose, durch das Eingehen der Pflanzen vor Erreichung der Blühreife, durch Steckenbleiben von Blütenknospen, mangelhafte Entwicklung der Makro- oder Mikrosporen oder beider zugleich, durch langsames Wachstum, Zwerghaftigkeit u. a. Auch sind die Samen geschwächter Individuen kurzlebig, denn sie vertragen, je nach dem Grade der Schwächung, längeres Austrocknen nicht.

Die Samen eines Individuums haben eine verschiedene „phyletische Potenz", d. h. eine verschiedene Fähigkeit, vollwertige, die Weiterexistenz der Art verbürgende Nachkommen zu erzeugen.

„Die Ausprägung der Schwächung ist abhängig von der Rangordnung der Kapsel, aus welcher der Same stammt und von der Fruchtbarkeit des Individuums: Je später ein Individuum entstanden ist, um so schwächer ist seine Deszendenz, um so früher müssen die ihm entstammenden Linien zugrunde gehen."

Samen, die von den Seitenachsen, also später ausgebildet werden als die am Hauptsproß, bringen daher keine auf die Dauer lebensfähigen Nachkommen hervor. Und am Hauptsprosse selbst haben die Samen der untersten Blüten eine bessere Nachkommenschaft als die der später blühenden oberen Stengelglieder (Nodien).

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, daß die phyletische Potenz der Samen ein und desselben Individuums vom Orte ihrer Entstehung an der Pflanze abhängig ist, ähnlich wie die Natur der Sprosse je nach dem Orte ihrer Entstehung verschieden ist (Topophysis).

*) Sperlich, A., Die Fähigkeit der Linienerhaltung (phyletische Potenz), ein auf die Nachkommenschaft von Saisonpflanzen mit festem Rhythmus ungleichmäßig übergehender Faktor. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien. Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 128. Bd., 5. u. 6. Heft, 1919.

leihen, die denen junger Gewächse fehlen oder wenigstens nicht in dem Grade zukommen.

Die vorgehenden Betrachtungen führen uns auf eine schon im vorigen Jahrhundert aber auch in der Neuzeit oft besprochene Frage:

Ob die fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung durch Steckling und Pfropfung zur Altersschwäche führt.

Diese Frage wird in ganz entgegengesetztem Sinne beantwortet. Von der Mehrzahl der Theoretiker wird sie derzeit verneint, von der Mehrzahl der Praktiker aber bejaht.

Die Ansichten, die man darüber in älterer Zeit etwa bis 1854 hatte, finden sich in der preisgekrönten Schrift von Jessen zusammengestellt, aus der hervorgeht, daß die Ansichten geteilt waren[1]). Die Preisfrage lautete: „Ist die Lebensdauer aus Samen erzogener und durch ungeschlechtliche Fortpflanzung (Sproßbildung oder Ableger irgendwelcher Art) vermehrter Gewächse, d. h. des Pflanzenindividuums im weitesten Sinne (im Sinne Gallesios[2]), eine unbegrenzte, nur zufällig oder durch äußere Ungunst der Verhältnisse vor dem Aufhören der Spezies selbst erlöschende, oder ist dieselbe eine beschränkte, der Dauer der Spezies innerhalb bestimmter Grenzen untergeordnete?“

Eine aus einem Keime, bei den Blütenpflanzen eine aus einem Samen sich entwickelnde Pflanze gilt als verjüngt, aufgefrischt und kann sich durch Bildung von neuen Samen forterhalten. Anders aber, so meint Jessen, bei den auf ungeschlechtliche Weise aus Knospen, Stecklingen oder Reisern entstehenden Gewächsen; hier erfolge keine Verjüngung, hier handle es sich nur um eine Verlängerung des individuellen Lebens und da dieses in seiner Lebensdauer beschränkt ist, so müssen auch die davon stammenden Nachkommen eine begrenzte Lebenslänge besitzen. Nach dieser Ansicht werden alle Pflanzen, die sich von einer aus einem Samen entstandenen Pflanze durch ungeschlechtliche Vermehrung, z. B. durch Stecklingszucht ableiten, als ein Individuum aufgefaßt und alle zusammen als „Sorte“ bezeichnet. So wie das Individuum der Altersschwäche unterliegt, so nach Jessen auch die Sorte. Der als Pflanzenphysiologe, Gärtner und Tierzüchter berühmte Engländer Knight vertrat schon im ersten Drittel des vorigen Jahrhunderts die Ansicht, daß die Bäume einer natürlichen Altersschwäche unterliegen und aus inneren Gründen dem Tode anheimfallen. Auch war er der Überzeugung, daß das für die Pfropfung verwendete Reis die Eigenschaften der Mutterpflanze, z. B. das Alter und die damit verknüpften Eigenschaften, beibehalte. Wenn der Alterszustand durch das Reis übertragen wird, so wird ihn auch die daraus gezogene Pflanze besitzen und ebenso auch die anderen davon durch Reiser gezogenen Pflanzen. Jeder Altersgrad wird nach Knight durch das Edelreis auf die daraus sich erhebende Krone übertragen: die Reiser eines noch nicht blühfähigen Baumes werden durch Übertragung auf blühbare und fruchtbare Stämme nicht blühbar und ebenso die eines blühbaren Individuums nach Transplantation durch die Jugend der Unter-

1) Jessen, C. F. W., Über die Lebensdauer der Gewächse. 1854. Vgl. auch Verhandl. d. Kais. Leopold.-Karolinisch. Akad. d. Naturforscher 1855, Bd. 25.

2) Gallesio, Theorie der vegetabilischen Reproduktion oder Untersuchungen über die Natur und die Ursachen der Abarten und Mißgebilde. Übersetzt von G. Jahn, Wien 1814, p. 43—44.

lage am Blühen nicht verhindert[1]). Knight hat auch schon bestimmt die Ansicht ausgesprochen, daß die Dauer einer Sorte durch Pfropfen unnatürlich über das Maß der Samenpflanze verlängert werde. Doch nehme der kräftige Wuchs dann ab und schließlich trete ein Zeitpunkt ein, über den das Vorschreiten des Alters sich nicht mehr aufhalten läßt. Nach dem genannten englischen Forscher werden alte Obstbäume, z. B. Äpfelbäume, leicht krebskrank und wenn man von solchen Bäumen Reiser nimmt, so wird die Disposition für Krebs durch diese leicht übertragen. Dies ist auch die Ansicht von van Mons.

Jessen stimmte den Ansichten Knights zu und nachdem er ausführlich darauf aufmerksam gemacht, daß die verschiedenen Krankheiten unserer Kulturpflanzen mit ihrer Altersschwäche zusammenhängen und die Einwürfe Dochnahls, Overdieks zu entkräften gesucht hatte, erklärt er: „Ich trage kein Bedenken, bestimmt zu behaupten, daß die Ursache der oben gegebenen Erscheinungen das übermäßige Alter oder die über das Maß durch Ableger oder abgetrennte Sprosse verlängerte Existenz der Abkömmlinge einer Samenpflanze ist“[2]).

Vor etwa 30 Jahren nahm namentlich Moebius[3]) gegen die Auffassung Knights und Jessens entschieden Stellung ein. In dem Kapitel: „Über die Folgen von beständiger vegetativer Vermehrung der Pflanzen“ stellt er in dankenswerter Weise alles zusammen, was seiner Meinung gegen die Auffassung von einer Degeneration durch eine lange fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung spricht. Er weist zunächst auf eine botanische Autorität, auf Schleiden hin, der sagte: „Ich meine, der gesunde Menschenverstand wird es immer lächerlich finden, wenn man ihm zumutet, die 2000 Pappeln einer meilenlangen preußischen Chaussee für Ein fortgesetztes Individuum anzusehen“[4]). Es ist hier von der auf den Landstraßen so häufig verwendeten Pyramidenpappel mit besenartigem Wuchs die Rede, die vielleicht eine Abart der Schwarzpappel, Populus nigra, darstellt. Man hat die Beobachtung gemacht, daß diese Pappeln an verschiedenen Orten regelmäßig gipfeldürr werden und allmählich absterben. So gingen sie in England in den Jahren 1820—1840 zugrunde, in Amerika schickten sie sich um 1840 an abzusterben und in Nord- und Mitteldeutschland kränkelten sie seit 1880 überaus häufig. Für dieses schlechte Gedeihen und Absterben hat man verschiedene Ursachen verantwortlich gemacht: das Klima, die Kälte, einen Schmarotzerpilz u. a.[5]).

Diese Baumrasse, Populus italica Moench = P. fastigiata Desf., stammt wahrscheinlich aus Mittelasien, kam von dort nach Italien und von hier in andere Länder. Da diese Pappel in Deutschland fast nur in männlichen Exemplaren vorkommt, wird sie nur auf ungeschlechtlichem Wege vermehrt, daher haben viele die Ansicht, daß diese andauernde asexuelle Fortpflanzung zur Altersschwäche und zum Absterben führt. Dagegen wendet sich Moebius. Er kann nicht glauben, daß eine Pflanze nach noch nicht 100jähriger Kultur an Altersschwäche zugrunde gehen

---

1) Jessen, C. F. W., l. c. p. 210—211.
2) Jessen, C. F. W., l. c. p. 180.
3) Moebius, M., Beiträge zur Lehre von der Fortpflanzung der Gewächse. Jena 1897, p. 23.
4) Zitiert nach Moebius, l. c. p. 24.
5) Moebius, M., l. c. p. 40—46.
Vgl. auch Hegi, G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa, III. Bd., p. 64.

soll. Dazu möchte ich folgendes bemerken. Der Baum ist seit etwa einem Jahrhundert eingeführt, aller Wahrscheinlichkeit nicht durch Samen, sondern durch Stecklinge. Nehmen wir an, daß der Steckling von einem älteren etwa 50—100jährigen Baum entnommen wurde, so haben wir nach all diesen Erfahrungen, die ich vorgebracht habe, allen Grund anzunehmen, daß auch dieses Alter den Stecklingen mitgegeben wurde. Daher müßten wir sagen, daß die „Sorte" schon 150—200 Jahre alt ist. Und wenn der Baum, von dem der Steckling ursprünglich entnommen wurde, vielleicht auch von einem Steckling eines alten Individuums abstammt, so müßten wir noch ein höheres Alter der Sorte annehmen und die Annahme einer Altersschwäche wäre da nicht leicht von der Hand zu weisen. Wenn dieser Verfall sich nicht bei allen Individuen gleichzeitig zeigt, so darf dies nicht wundernehmen, da ja klimatische Einflüsse gewiß auch eine Rolle spielen. Wenn dem noch entgegengehalten wird, daß die nahe verwandte Schwarzpappel schon seit den ältesten Kulturzeiten durch Stecklinge vermehrt wird und sich doch gesund erhält, so müßte doch erst untersucht werden, ob bei dieser Pappelart nicht auch dann und wann geschlechtliche Fortpflanzung eingeschoben wurde. Populus nigra lebt ja in beiden Geschlechtern, es ist daher mehr als wahrscheinlich, daß viele Individuen ihr Dasein einer geschlechtlichen Fortpflanzung, also einer Auffrischung verdanken.

Bekanntlich wurde die Trauerweide, Salix babylonica, Anfang des vorigen Jahrhunderts als Steckreis eines weiblichen Exemplars aus dem Orient nach Europa gebracht und von diesem einen Exemplar stammen alle anderen jetzt in Europa vorhandenen Trauerweiden ab. Auch bei dieser Baumart hat man am Beginne der 60iger Jahre des vorigen Jahrhunderts beobachtet, daß ihre Vertreter in Deutschland großen Teils zugrunde gingen. Auch heute kann man, wie ich mich vielfach überzeugte, beobachten, daß Trauerweiden kein sehr hohes Alter erreichen und bald zu kränkeln beginnen. Ist es nicht auffallend, daß das wieder gerade bei einem Baume zutrifft, der auch nur ungeschlechtlich fortgepflanzt wird? Wenn auch kein Beweis für Altersschwäche vorliegt, so spricht doch manches dafür.

Moebius bekämpft auch die Ansicht, daß durch fortgesetzte Stecklingsvermehrung beim Weinstock Altersschwäche und damit eine gewisse Disposition für Krankheiten geschaffen wird. Der genannte Autor meint, daß bei dieser seit 5000—6000 Jahren kultivierten Pflanze in der Kultur „wohl immer" nur Stecklinge verwendet wurden[1]). Es müßten also Zeichen der Altersschwäche zu bemerken sein. Dieser Schluß beruht wohl auf einer falschen Voraussetzung, weil nachweislich der Weinstock, besonders neuere Kreuzungen aus Samen gezogen werden und damit eine Auffrischung erzielt wird. Wenn wir an die früher erwähnten Beobachtungen Benedicts über die mit dem Alter fortschreitende Verengerung der Maschen des Blattadernetzes und die Erfahrungen über die Topophysis berücksichtigen, so tritt ja auch hier klar hervor, daß gewisse Eigenschaften der alternden Pflanze auf den Steckling übertragen werden und so könnte es auch hier bei fortgesetzter ungeschlechtlicher Vermehrung zur Altersschwäche und dadurch zu einer geringeren Widerstandsfähigkeit gegenüber verschiedenen Krankheiten kommen. Aber auch wenn sich durch Ver-

1) Moebius, M., l. c. p. 49.

gleich herausstellen sollte, daß die Samenpflanzen von den Pilzen der verschiedenen Weinstockkrankheiten ebenso zu leiden haben, wie die Stecklingspflanzen, so folgt selbstverständlich daraus nicht, daß die Stecklingspflanzen nicht eine andere Konstitution besitzen als die Sämlinge. Moebius hält auch die Ansicht Jessens, wonach die Kartoffel durch beständige asexuelle Fortpflanzung altersschwach geworden und daher der Pilzkrankheit (Peronospora infestans) leichter unterworfen sei, für unbegründet, indem er sagt: „Alles in allem: wir haben gar keinen genügenden Grund zu der Annahme, daß die Vermehrung der Kartoffel aus Knollen zu einer Krankheit der Pflanze führe und sie für Pilzinfektionen disponiert mache. Vielmehr ist schon durch das, was wir über die Entwicklung des Pilzes wissen, unwiderleglich dargetan, daß es auch wirklich die Ursache der Kartoffelkrankheit sei, daß er allein an der gesunden Pflanze die Krankheit hervorbringt“[1]).

Auch ich bin wie Moebius der Meinung, daß die Ursache der Kartoffelkrankheit der vorhin genannte Pilz ist, aber daraus folgt nicht, daß die Kartoffel durch die langandauernde ungeschlechtliche Fortpflanzung nicht im Sinne Jessens altern könnte. Man darf nicht übersehen, daß von Zeit zu Zeit die ungeschlechtliche Vermehrung unterbrochen und durch Sämlinge eine Auffrischung herbeigeführt wurde. Von einer ausschließlichen Fortpflanzung durch Knollen kann nicht die Rede sein.

Drescher[2]) hat einen historischen Überblick über Kreuzungszüchtungsversuche, die alten Sorten und die Blühverhältnisse der Kartoffel von etwa 1785 bis auf die Gegenwart gegeben. Aus diesen Betrachtungen geht hervor, daß man, um neue Sorten zu gewinnen, Kreuzungsversuche gemacht und großen Wert darauf gelegt hat, Kartoffeln auch aus Samen zu ziehen. Man wollte dadurch die Sorte auffrischen und sie auch befähigen, gegen Krankheiten widerstandsfähiger zu werden. „Der Grund für das stark gestiegene und auch bleibende hohe Bedürfnis nach Kartoffelzuchtsorten liegt in dem Ertragsrückgang der alten Sorten (Abbauerscheinung) und in der gesteigerten Intensität des Kartoffelbaues. Vegetative Auslese ... und namentlich die Sämlingszucht haben uns die wertvollsten Kultursorten gebracht, welche geeignet sind, hohen Ansprüchen in bezug auf Ertrag, Stärkegehalt, Widerstandsfähigkeit gegen Krankheit und ungünstige Umwelt usw. zu genügen. Die Sämlingszucht ist die Züchtung im eigentlichen Sinne.“

Wenn auch die Kartoffel in der Regel ungeschlechtlich vermehrt wird, so wird doch von Zeit zu Zeit auch die Sämlingszucht sowohl bei alten bewährten Sorten als auch bei Hybriden angewendet. Die Knollen der Sämlinge kommen in den Handel und werden weit verbreitet. In der Praxis rühmt man den Nachkommen solcher Knollen gutes Wachstum, Ertragsfähigkeit, Widerstandsfähigkeit und anderes nach. Wenn in der Literatur die Kartoffel als ein Beispiel einer stets ungeschlechtlich vermehrten Kulturpflanze hingestellt wird, so ist dies nicht ganz richtig, da von Zeit zu Zeit auch Knollen von Sämlingen gewonnen werden und in den Handel kommen.

Viele Obstbäume werden in der Regel durch Reiser bestimmter Rassen gepfropft und da die Reiser, von einem alternden Baume auf einen

1) Moebius, M., l. c. p. 59.

2) Drescher, L., Ziele und Ergebnisse der Kreuzungszüchtung bei der Kartoffel. Fortschritte der Landwirtschaft, 3. Jahrg. 1928, p. 148.

Wildling übertragen, die Eigenschaften der Mutterpflanze, mithin auch die des Alters beibehalten, so kann es, indem von einem so gepfropften Baume wieder Reiser genommen werden und so fort durch viele Generationen, zur Altersschwäche kommen, wie es bereits KNIGHT und VAN MONS angenommen haben. Dies wird aber von MOEBIUS bestritten. Ich selbst habe schon vor einigen Jahren[1]) betont, daß mir das letzte Wort in dieser Streitfrage noch nicht gesprochen erscheint und sagte zur näheren Begründung: „Das Reis, von einem alten Baum genommen, zeigt schwachen Wuchs und erzeugt bald Blüten und Früchte; das Reis von einem jungen Sämling wächst hingegen rasch und produziert erst nach längerer Zeit Blüte und Frucht, ganz wie es die Lehre von der Sproßindividualität oder Topophysis erwarten läßt. Das deutet wohl darauf, daß das Gewebe des Vegetationspunktes, der von einem alten Baume stammt, andere Eigenschaften hat als der eines jungen Baumes, mit anderen Worten: auch die Gewebe der Vegetationspunkte könnten in den angeführten Fällen mit dem Alter des Individuums bleibende Veränderungen erleiden."

Daß Sprosse alter Bäume andere Eigenschaften aufweisen als die junger, geht auch aus ihrer ungleichen Fähigkeit, Wurzeln zu bilden, hervor. Wenn man von einem alten blühbaren und einem jungen noch nicht blühbaren Efeu Stecklinge macht und sie in feuchtem Sande zieht, so zeigt sich, daß die Zweige der jungen Pflanze sich sehr leicht, bei günstiger Temperatur schon nach 1 Woche, aber die der alten Pflanze erst nach 1—3 Monaten bewurzeln. Besonders auffallend fand ich diese ungleiche Fähigkeit zur Wurzelbildung von Stecklingen bei Ficus stipulata. Diese in unseren Gewächshäusern oft kultivierte Pflanze besitzt in der Jugend bekanntlich verhältnismäßig kleine runde Blätter. Im späteren Alter, wenn die Pflanze sich anschickt, Blüten hervorzubringen, ändert sich die Blattform und Blattgröße derart, daß sich der ganze Habitus ändert und jemand, der den Sachverhalt nicht kennt, gar nicht auf den Gedanken kommt, daß die Zweige der jungen und alten Pflanze derselben Art angehören (Fig. 34).

Am 12. Juni 1928 wurden Stecklinge von der kleinblättrigen Jugend- und der großblättrigen Altersform gemacht und ins Wasser gestellt, um Wurzelbildung hervorzurufen.

Am 25. Juni hatte die Jugendform schon Wurzeln von 2 cm Länge, die Altersform noch keine.

Am 5. Juli hatte die Jugendform reichlich schlanke, verzweigte, bis 10 cm lange Wurzeln. Die Altersform hingegen ließ noch immer keine Wurzeln erscheinen; anstatt dieser traten in der Knotengegend ringsum schneeweiße Pusteln von aërenchymatischem Charakter auf, die aber keine Wurzelansätze, sondern parenchymatische Rindenwucherungen darstellten. Diese wurden später 0,2—1 cm lang, hatten eine rauhe Oberfläche und ihre Zellen gingen leicht von selbst aus dem Verbande (Fig. 39). Nur über dem Wasser bildeten sich in der feuchten Luft einige wenige Wurzeln.

Es ist den Gärtnern und mir aus persönlicher Erfahrung bekannt, daß man für Pfropfungen keine Reiser von sehr alten Bäumen nehmen soll, weil die Verwachsung zwischen Impfling und Unterlage viel schwieriger erfolgt als bei Reisern verhältnismäßig junger Gewächse. Mit anderen

1) MOLISCH, H., Pflanzenphysiologie, l. c. p. 263.

Worten: Sowie der Baum ein gewisses Alter erreicht, machen seine Zweige viel schwerer Wurzeln und Vernarbungsgewebe bei der Pfropfung. Doflein[1]) glaubt bezweifeln zu müssen, daß bei alten Bäumen Alterserscheinungen auftreten und hält es für fraglich, ob die Tatsache, daß ein einem alten Baum entnommenes Pfropfreis schwachen Wuchs zeigt, als Alterserscheinung zu deuten sei. Es scheinen ihm hierbei Ernährungsbedingungen eine Rolle zu spielen, die mit dem Alter direkt nicht zusammenhängen. Hätte Doflein gewußt, daß ein Steckling eines alten Baumes all die Eigentümlichkeiten seiner alten Mutter aufweist: den schwachen Wuchs, die sofortige Blühbarkeit, die Blattform — man denke an Efeu, Broussonetia, Ginkgo und Ficus stipulata — und andere Eigenschaften, obwohl er sein eigenes kräftiges Wurzelsystem bildet, so hätte er wohl an Alterserscheinungen bei den Pflanzen nicht gezweifelt. Man kann wohl kaum behaupten, daß ein gut bewurzelter Steckling von einem alten Baum in seiner Ernährung behindert ist.

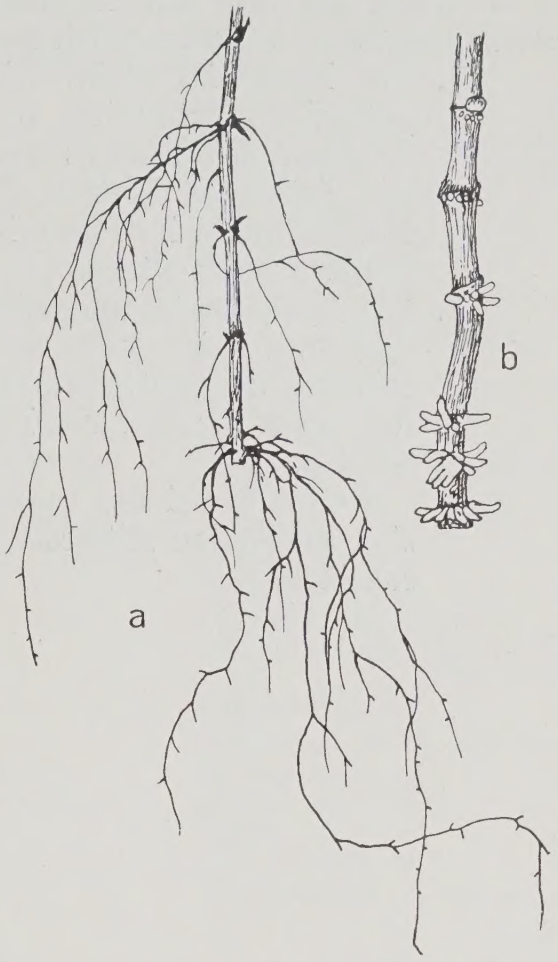

Fig. 39. Ficus pumila (= F. stipulata). Unterer Teil der Stecklinge *a* u. *b*. *a* von einer jungen Pflanze; *b* von einer alten Pflanze. *a* macht im Wasser lange, zarte, reich verzweigte Wurzeln; *b* bildet im Wasser nur kurze Rindenwucherungen, aber keine Wurzeln. Zeichnung aufgenommen nach 1½ Monat dauerndem Versuch. Natürl. Größe. Original.

Doflein hält den Alterstod bei den Pflanzen nicht für erwiesen. Dies erscheint bei einem Zoologen verzeihlich, da ihm die in dieser Richtung liegenden Tatsachen naturgemäß vielfach nicht so bekannt sind wie dem eigentlichen Fachmann, dem Pflanzenphysiologen.

Wenn der genannte Forscher von der Vergilbung der Blätter spricht und dabei den Satz gebraucht: „Das abfallende Blatt, die Blattleiche, hat eine ganz andere Beschaffenheit als das lebende Blatt sie hatte". so geht daraus hervor, daß er das vergilbte Blatt für tot hält. Dies ist aber ein Irrtum, denn das sich vom Baum lösende Blatt ist in der Regel lebend, wie ich schon seinerzeit ausdrücklich betont habe[2]). Daß das Vergilben der Blätter im Herbste als eine Alterserscheinung aufzufassen ist, kann wohl heute auf Grund der von mir vorgebrachten Beobachtungen nicht mehr bezweifelt werden.

Ferner ist zu bedenken, daß man vielleicht unterscheiden muß zwischen natürlicher ungeschlechtlicher Vermehrung, wie sie sich normal bei der Kartoffel, dem Meerrettich, der Banane, dem feigwurzligen Hahnen-

1) Doflein, F., l. c. p. 33—35.
2) Molisch, H., Über das Vergilben der Blätter, l. c. p. 27.

fuß u. a. vollzieht und zwischen künstlicher ungeschlechtlicher Fortpflanzung, wie sie abnormerweise durch Stecklinge oder Pfropfreiser bewerkstelligt wird. Dort handelt es sich um eine in der Natur der Pflanze begründete Vermehrung, hier aber um eine auf einen künstlichen Eingriff begründete. Es ist ja immerhin möglich, daß bei den genannten Pflanzen mit vorwiegend oder ausschließlich ungeschlechtlicher Fortpflanzung auf normalem Weg sich die Vegetationspunkte stets gleich jung erhalten.

Wenn ich also alle Erfahrungen auf dem besprochenen Gebiete zusammenfasse, so komme ich zu folgenden Anschauungen:

1. Der Baum ist nicht, wie die herrschende Ansicht behauptet, potentiell unsterblich, d. h. er würde auch sterben, wenn alle Schäden der Umwelt von ihm völlig ferngehalten würden, da wir Tatsachen kennen, die darauf hindeuten, daß seine Vegetationspunkte im Laufe ihres Lebens nicht unverändert bleiben, sondern auch altern.
2. Die fortgesetzte ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Stecklinge und Reiser kann zur Altersschwäche führen, weil die Eigenschaften der Mutterpflanze, und zwar auch die des Alters durch den Steckling oder das Edelreis auf die Nachkommen übertragen werden.

   Ob auch bei der normal sich asexuell vermehrenden Pflanze sich schließlich Altersschwäche einstellt, wage ich nicht zu entscheiden.

Autorenverzeichnis.

A.

Adanson 50.
Andreesen 18, 19.
Apstein 15, 16.
Ascherson 60.
Aubert 62.

B.

Bary, de 23.
Bank 52.
Basenau 14.
Baumgarten 28.
Bechold 144.
Becker 44.
Becquerel 128, 129, 133.
Beijerinck 5.
Bělař 6.
Benecke 13, 16, 18, 145.
Benedict 141, 144, 145, 146, 154.
Bertram 52.
Berzin 96.
Bobilioff-Preisser 96.
Böhmerle 34.
Börger 96.
Bokorny 125.
Bolle 60.
Bonnier 66.
Booth 37.
Boppe 41, 43.
Braun 60, 117.
Brefeld 15, 127.
Brewers 45.
Brubaker 96.
Burgerstein 128, 131, 141.
Burkhardt 87.
Büsgen 63.

C.

Calkins 3, 4.
Carara 109.
Carrière 106.
Carruthers 131, 132.
Caspary 51.
Cavara 107.
Chifflot 143.
Christ 33.
Cieslar 79.
Clements 93.
Cornu 107, 110.
Correns 71.
Crocker 134.
Crover 134.
Czapek 83.

D.

Candolle, de 31, 32, 48, 56, 59.
Demange 135.
Demole 143.
Dochnahl 153.
Doflein 2, 101, 102, 157.
Doms 143.
Dorph-Petersen 131, 132.
Drescher 155.
Duclaux 5.
Dulk 84.
Dupuy 114.

E.

Ebermayer 84.
Edson 117.
Erdmann 4.
Evelyn 32, 44.
Ewart 128, 129.

F.

Faber 32.
Fischer 19.
Fitting 104.
Flahault 66.
Flamm 40.
Foslie 21.
Freymann 33.
Fritzsche 89, 92.
Frohberg 15.

G.

Gadeau d. Kerville 43, 45.
Gallesio 152.
Gaßner 114.
Gertz 43.
Goebel 27, 142, 147, 149.
Goeppert 43, 44, 45.
Goetsch 6.
Griesebach 33, 54, 77.
Gris 89.
Groß 6.
Guttenberg 137.

H.

Haberlandt 96, 117, 118, 119.
Hämmerling 6.
Hansen 15.
Hansgirg 76.
Harder 140.
Hartmann 6, 7, 8, 143.
Heber 47.
Hegi 153.
Heinricher 70.
Hempel 31, 34, 41, 50.
Henneberg 15.
Hensen 15, 16, 17, 19.
Hertwig 3, 4, 6.
Herzfeld 144.
Herzfeld, St. 70.
Hildebrand 59, 60, 64, 66, 67, 68, 101, 128.
Hochstetter 37.
Hoffmann 76, 77, 80, 81.
Holman 96.
Hooker 81.
Hoyer 14.
Hufeland 98, 99.
Humboldt 31, 38, 39, 44.

I (J).

Irmscher 126.
Jahn, E. 22, 23.
Jahn, G. 152.
Jessen 1, 152, 153, 155.
Joly 44, 54.
Jolyet 41, 43.
Jost 114.

K.

Kanngießer 32, 33, 34, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 66.
Karsten 16, 17, 18, 19, 33, 34, 37, 39, 49, 50.
Kerner, v. 34, 73, 74, 75.
Kiehn 143.
Kihlmann 46, 53.
Kirchner 33, 34, 37, 40, 43, 44, 46, 59.
Klein 34, 35, 37.
Klinger 144.

Knight 106, 153, 156.
Kny 106.
Kochs 107, 110, 132.
Kondo 131, 132.
Korschelt 1, 6, 7, 69, 120, 123, 126.
Kraus 41, 42, 46, 53, 55, 76, 77, 79, 80, 81.
Kreh 142.
Kubialko 123.
Kupka 93.
Küster 2, 19, 96, 107, 109, 110, 120, 121, 138, 145.

L.

Lafar 13, 14, 15.
Lassen 47.
Leiningen 42, 53, 55.
Lepeschkin 144.
Liebenberg 127.
Lindemuth 111.
Linsbauer 141.
Lipschütz 4, 135.
Lobb 28.
Loew, E., 33, 34, 37, 43, 46, 59.
Loew, O. 125.
Long 93.
Lowe 32.
Lundegårdh 135.
Lutman 117.

M.

Mac Dougal 90, 92.
Massopust 88, 89.
Mathuse 106.
Maupas 3, 4.
May 76, 79.
Mayr 30, 49.
Mer 106.
Metschnikoff 98, 138.
Meyer, A. 136, 142, 143.
Miehe 143.
Mielck 31, 34, 37, 38, 44, 47, 48, 52, 56.
Minot 138, 139.
Moebius 153, 154, 155, 156.
Molliard 139.
Molisch 70, 79, 80, 81, 85, 94, 95, 98, 100, 101, 111, 116, 123, 125, 132, 136, 142, 146, 150, 151, 156, 157.
Mons, van 153, 156.
Müller, F. v. 54, 64.
Müller, K. 48.
Münter 130.
Muir 31.

N.

Nakajima 128, 132.
Naudin 54.
Neger 93, 141.
Nestler 100, 127.
Nöggerath 33.

O.

Ohga 129.
Oltmanns 20, 21.
Osterwalder 55.
Overdiek 153.

P.

Pantanelli 144.
Parmentier 46.
Pater 114.
Pedersen 14, 19.
Peter 131.
Pfitzer 8.
Preyer 122, 123.
Pristley 117.
Pütter 13, 39, 101, 102, 123.

R.

Raunkiaer 82.
Reichart 103.
Reichhardt 24, 25, 26.
Richter 5, 18, 19, 107, 108.
Rißmüller 84.
Ritter 47.
Robertson 8.
Roemer 52, 53.
Rörig 49.
Rubner 7.
Russo 143.
Ruttner 27.

S.

Samler-Brown 39.
Sargent 31.
Schacht 34, 39, 50, 79.
Schenk 33, 34, 37, 39, 49, 50.
Schimper 127.
Schleiden 153.
Schmarda 47.
Schneider-Orelli 142.
Schröder 126, 127.
Schorler 91.
Schröter 33, 34, 37, 43, 46, 59.
Schube 47.
Schwarz 94, 143.
Schwendener 142.
Seehaus 33.
Seeliger 141.
Shapovalov 117.
Simon 112.
Simony 39.
Slogteren 141.
Smith, E. F. 121.
Sperlich 151.
Stahl 108, 110, 139.
Stapp 121.
Steinach 98.
Stoll 140.
Strasburger 30, 44, 47, 91, 93.
Stützer 43, 45, 46, 52.
Swart 84.
Swirnburne 42.

T.

Tennent 47.
Thielmann 96.
Tieghem, van 112.
Tubeuf 107.

U.

Unger 130.

V.

Verworn 123.
Vines 47.
Vöchting 142.
Voronoff 98.
Vries, de 72, 107.

W.

Wagner 45.
Weber 2, 72, 134, 140, 143.
Wedekind 3.
Wehnelt 119.
Weismann 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 20, 61, 62, 69.
Wettstein, R. 39, 60, 70.
Wiesner 59.
Willkomm 34, 46, 51.
Wilhelm 31, 34, 41, 50.
Willstätter 140.
Winkler 96, 106.
Wisniewski 112.
Wittmak 60, 130.
Woditschka 34.
Woffenden 117.
Wolff 83.
Woodruff 4, 6.

Z.

Zacharias 143.
Zederbauer 78, 79, 80.
Zlatoroff 139.
Zumstein 18.

Sachverzeichnis.

A.

Abhaltung von Schädigungen 99.
Abies 33, 57, 79, 80, 81, 88, 91.
Ableitung von Stoffen und Lebensverlängerung 108, 111.
Abutilon 112, 115.
Acacia 128.
Acer 51, 57, 58, 88, 91, 107, 108, 113, 141.
Aconitum 68.
Actinophrys 6.
Adansonia 50, 57.
Adernetz, Engmaschigkeit im Alter 147.
Adonis 68.
Aelosoma 6.
Aesculus 89, 116.
Agathis 149.
Agave 64, 65, 77, 100, 101.
Agrimonia 75.
Alectorolophus 151.
Algen, Dimensionen der großen 20—21.
— einzellige mit Partialtod 10.
— Lebensdauer der 20—21.
— Scheintod der 127.
Allionia 73, 74.
Alnus 42, 58, 89.
Aloë 77.
— die „hundertjährige" 100.
Alsophila 26.
Alter s. Lebensdauer.
— und Engmaschigkeit der Blattnervatur 147.
— — Wachstumsgeschwindigkeit 137.
— — Wurzelbildung 156.
Altern der Einzeller 7.
— des Baumes 135.
— der Vegetationspunkte 151, 158.
— und Assimilationssekret 136.
— — Atmung 140.
— — Aufnahme von Farbstoffen 143.
— — CO_2-Assimilation 140.
— — Dissimilation 141.
— — Guttation 142.
— — intramolekulare Atmung 144.
— — Kolloide 144.
— — Kalk 143.
— — Kern 143.
— — Plasma 143.
Altern und Polarität 142.
— — Reaktionsfähigkeit 142.
— — Regeneration 142.
— — Transpiration 141.
— — Turgor 144.
— — Vergilbung 142.
— — Zellsaft 144.
Alterserscheinungen 135ff.
— physiologische 140—144.
Altersschwäche 146.
— der Obstbäume 156.
Alterstod 157.
Alterszustand, Übertragung durch Reis und Steckling 152.
Amarantus 61, 68.
Amaryllis 77.
Amoeba 8.
Ampelopsis 140.
Amputation und Verjüngung 8.
Andricus 107.
Anemone 41, 68.
Anethum 83.
Annuelle Gewächse 59.
Anogramme 27.
Anthericum 41.
Antirrhinum 72.
Aphyllanthes 75.
Aralia 88.
Arbutus 80.
Arctostaphylos 55, 58, 61.
Araucaria 80, 81, 148, 150.
Arenaria 66, 74.
Aristolochia 68, 87, 93.
Asarum 41.
Aschengehalt und Blattod 82—87.
Ascobolus 22, 23.
Aspergillus 111, 127, 133.
Asperula 68.
Astragalus 128.
Atmung und Altern 140.
— intramolekulare und Altern 144.
Aucuba 81, 106.
Ausscheidungsprodukte, schädlich für Infusorien usw. 4, 5, 138.
Austreiben, ungleiches der Blätter 70.
Austrocknen und Scheintod 126—128.
Azalea 61.

B.

Bacillus 19, 100, 127.
— tumefaciens 121.
Bacterium phosphoreum 111.
Badhamia 22.
Bakterien, alte widerstandsfähiger als junge 8.
— Scheintod der 127.
— unsterblich 12.
Bambusa 85.
Bärentierchen 126.
Baum, Altern 135ff.
— Höhenzuwachs 137—138.
— potentielle Unsterblichkeit 145—158.
Befruchtung, Verhinderung der 104.
Begonia 105, 115.
Berberis 50, 59, 68.
Bestäubung, Verhinderung der 104.
Beta 83.
Betula 41—42, 58, 89, 91.
Bienne Gewächse 59, 104.
Bignonia 56, 58.
Biscutella 68.
Blätter, bewurzelte 105, 106.
— ungleiches Austreiben 70.
Blattdauer 76—82.
— und Klima 79.
Blattlaus und Verlängerung des Lebens 109.
Blattod und Aschengehalt 82—87.
Blaualgen, unsterblich 6.
Blühbarkeitsalter 63.
Blühen, Verhinderung des 100—104, 114.
Blüten, ephemere 74.
Blütendauer 73—76, 96.
Boden, konservierender Einfluß auf die Keimkraft der Samen 129—130, 131.
Borago 104.
Borke 93, 138.
Botrychium 77.
Botrydium 10.
Brassica 67, 83, 118.
Broussonetia 147, 157.
Buchenblätter, langlebiger durch Gallen 109.
Buxus 49, 58.

C.

Caiophora 60.
Calandrinia 74.
Calceolaria 104.
Callidina 126.
Callistemon 81, 82.
Calluna 55, 58.
Caltha 68.
Camellia 81, 106, 142.
Campanula 70.
Camphora 80.
Cannabis 69.
Capsicum 60.
Carex 107.
Carnegiea 90, 93.
Carpinus 42, 58, 89.
Cassia 128, 129.
Castanea 42, 57, 63, 146.
Cattleya 75, 104.
Cedrus 37, 57, 80
Celtis 48.
Centunculus 75.
Cephalotaxus 79.
Ceratonia 80.
Ceratopteris 27.
Cereus 49, 62, 74.
Chenopodium 61, 68.
Chlamydomonas 10.
Chlorella 10.
Chroococcus 10.
Chrysanthemum 72.
Cineraria 104.
Cirsium 68.
Cistus 73, 74.
Cladosporium 110.
Clarkia 72.
Clematis 50, 58, 68.
Closterium 18, 19.
Cocculus 80.
Conium 114.
Convallaria 24.
Convolvulus 73, 74.
Coprinus 22.
Cornus 54, 58.
Corsinia 127.
Corylus 42, 58, 89.
Corypha 64, 101.
Cosmarium 18, 19.
Cotoneaster 53, 59.
Crataegus 53, 58, 89.
Crocus 75.
Crotolaria 128.
Crown galls 121.
Cryptomeria 81.
Cucurbita 113.
Cunninghamia 80, 81.
Cupressus 33, 57, 79, 82.
Cyathea 26.
Cyclamen 56, 58, 75.
Cypripedium 75.
Cystopus 110.
Cytisus 53, 59, 128.

D.

Dammara 37, 57, 149.
Daphne 53, 58, 59.
Datisca, Empfindlichkeit der Männchen gegen Frost 72.
Datura 74.
Dauer der Blätter 76—82.
— — Blüten 73—76, 96.
Degeneration der Keimlinge 72.
Dendrobium 75.
Depressionszustände bei der Vermehrung der Infusorien 3, 4, 6.
Desmidiaceen, Generationsdauer der 18, 19.
Dianthus 75.

Diatomeen, ihr Protoplast unsterblich 10.
— und Auxosporenbildung 9.
— Verkleinerung der 9, 10.
— Vermehrungsfuß 16—18.
Digitalis 75.
Dioclea 128.
Dolichos 128.
Draba 61, 66, 103.
Dracaena 38—40, 58, 77.
Drachenblutbaum 38—40.
Drosera 74.
Dryas 42, 53, 58, 61.

E.

Echinocactus 74.
Eibe, Scheinstamm der 32.
Einjährige Gewächse 59.
— und höhere Breite 66.
— — vertikale Höhe 65.
Eintagsblütler 73.
Einzeller, Altern der 7.
— mit Partialtod 11.
— Unsterblichkeit der 1.
Elaeagnus 53, 59.
Elodea 143.
Empetrum 61.
Ephedra 80.
Ephemere Blüten 74.
— Gewächse 59, 60.
Epheu 106, 156, 157.
— und Wurzelbildung 156.
Epidendrum 75.
Epilobium 75.
Equisetum-Blätter, Dauer der 76, 77.
Eranthis 75.
Erica 55, 59, 80.
Erigeron 67.
Eriobotrya 80.
Eriophyes 110.
Ernährung und Lebensdauer 106, 113, 115.
Erodium 73, 74, 104.
Erschöpfung und Lebensdauer 62, 101, 114.
Erschöpfungstod 101.
Ervum 128.
Erysiphe 110.
Erythraea 75.
Escholtzia 75.
Eucalyptus 54, 80.
Eudorina 6.
Eugenia 81.
Euglena 18.
Evonymus 80, 81.

F.

Faba 62.
Fagus 43, 57, 68, 84, 89, 91, 113.
Farbstoffe, Aufnahme der und Altern 143.
Farnblätter, Dauer der 76.
Farne, Lebensdauer der 26—27.
Ferrocactus 90.
Ficus 47, 57, 80, 147, 148, 156, 157.
Fockea 58.
Formel von Basenau 14.
Formen, offene und geschlossene 145.
Fortpflanzung, multiple 7.
— und Verjüngung 8.
Fortpflanzungszellen 19, 20.
Fourcroya 64.
Fraxinus 56, 58, 68.
Fritillaria 75, 77.
Fruchten, Verhinderung des 100—104.
Frullania 126.
Funktionsdauer und Lebensdauer 105 bis 107, 115.

G.

Gagea 77.
Galanthus 75, 77.
Galeopsis 68.
Galium 75.
Gallen, Einfluß der 109, 110.
— und Verjüngung 121.
Generationsdauer 12.
— der Bakterien 13.
— — Desmidiaceen 18.
— — Flagellaten 18.
— — Sproßpilze 13—15.
— Übersicht 19.
Gentiana 55.
Geranium 68, 70, 75, 104.
Geschlecht und ungleiche Lebensdauer 69 bis 73.
Gewebezelle, Lebensdauer der 87—97.
Ginkgo 70, 71, 73, 110, 157.
Glaucium 74.
Globularia 57, 58.
Gonium 7.
Gossypium 83.
Grevillea 80.
Guttation und Altern 142.
Gymnodinium 19.
Gymnogramme 27.
Gymnostomum 26.

H.

Haare, Lebensdauer der 87.
Hackea 81, 82.
Haematococcus 10.
Hedera 54, 58, 81, 147, 148.
— jung und alt 147, 148.
Hefe 5, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 138.
Helianthemum 50, 59, 75.
Helianthus 61, 68, 88, 112, 113.
Heliozoen 6.
Hemerocallis 73, 74, 75.
Hepatica 75.
Heracleum 68.
Hibiscus 73, 74.
Hippophaë 53.

Höhenzuwachs des Baumes 137—138.
Holzelemente, Lebensdauer der 90—93.
Hormone 118, 119, 120.
Howea 129.
Hoya 106.
Humulus 83.
Hungertod 101.
Hyalotheca 18.
Hyazinthus 77.
Hydra 10, 102.
Hydrangea 70.
Hydrocharis, Winterknospen 112

I.

Ilex 51, 80, 81, 136.
Illicium 81.
Impatiens 113.
Individualtod 7.
Individuum 152.
Induktionsschläge 124.
Infusorien, Depressionszustände der 3.
— Schädlichkeit ihrer Ausscheidungen 4, 5, 138.
Inkrustation mit Kalk und Kieselsäure des Blattes 85.
— der Zellmembran 144.
Iris 73, 74.
Isatis 67.
Isolierte Zellen, Lebensdauer 96.

J.

Jahresringe, Breite der 137.
— Zahl der 27.
Jugendzeit 64.
Juglans 46, 57, 68, 88, 110.
Juniperus 33, 57, 79, 82.

K.

Kalktuff durch Moose 25.
Kallus 120.
Kartoffel, Degeneration der 155.
Keimblätter, Lebensverlängerung der 113.
Keimfähigkeitsdauer, abhängig vom Klima 132.
Keimlinge, Degeneration der 72.
Kernholz 92, 139.
Kern und Altern 143.
Kernplasmarelation 4, 135.
Kohlensäureassimilation und Altern 140.
Konjugation, für Infusorien nicht notwendig 5.
Kolloide und Altern 144
Körperzellen 19.
Kronengallen 121.
Kryptogamen, Lebensdauer der 20—27.

L.

Laminaria 20, 21, 141.
Lamium 68.
Larix 34, 83, 88.
Laubfall 86, 138.
Laubmoose, Scheintod der 127.
Laurus 49, 80, 82.
Lavatera 129.
Leben, zeitweise Unterbrechung des 132 bis 134.
Lebensbedingungen, Entziehung der 99, 100.
Lebensdauer, individuelle 13, 15.
— der Algen 20—21.
— — Farne 26—27.
— — Gewebezelle 87—97
— — Haare 87.
— — Moose 24—26.
— — Organe 73—87.
— — Pilze 22—24.
— — Prothallien 27.
— — Pteridophyten 26—27.
— — Vielzelligen 19—60.
— ihre Bestimmung bei Angiospermen 38—60.
— — — — Dikotyledonen 41—57.
— — — — Drachenblutbaum 38—39.
— — — — Eibe 31—33.
— — — — Gymnospermen 28—37.
— — — — Kryptogamen 20—27.
— — — — Mammutbäumen 28—31.
— — — — Monokotyledonen 38—41.
— — — — Phanerogamen 27—60.
— — — — Sumpfzypresse 31.
— und Blühbarkeitsdauer 63.
— — Erschöpfung 62.
— — Größe der Gewächse 61.
— — Intensität des Stoffwechsels 61—62.
— — Standort 64—67.
— — ungleiches Geschlecht 69—73.
— — Verwandtschaft 67—69.
— Ursachen verschiedener 61—67.
— Verkürzung der 114.
— Verlängerung der 98—115.
Lebensreaktionen 124—125.
Lebensperiode, latente 100.
Lebermoose, Scheintod 127.
Lentizellen 93.
Lessonia 21.
Leucaena 128.
Leucojum 77.
Libocedrus 79, 82.
Ligustrum 56, 59, 80, 81, 89.
Lilium 75.
Linaria 72.
Linum 60, 74, 75.
— mehrjährig in Brasilien 60.
Lithocolletis 108.
Litsea 81.
Lobelia 103.
Loiseleuria 55, 58.
Lomaria 81.
Lonicera 56, 58, 75.
Lophospermum 60.
Lupinus 62, 83.
Lychnis 75.
Lycopodium 27.

M.

Macrobiotus 126.
Macrocystis 21.
Magnolia 50, 58, 80.
Mahonia 80.
Makrobiotik 98, 115.
Malus 111, 114.
Mammutbäume, Lebensdauer der 28—31.
Marattia 26.
Markzellen, Lebensdauer der 88—90.
Marsilia 77.
Matthiola 104.
Maurandia 60.
Meerschweinchen und Wachstumsgeschwindigkeit 138—139.
Melaleuca 81.
Melampyrum 68.
Melilotus 67, 128.
Melosira 10.
Mercurialis 101.
Mesophyllsekret 136.
Microbacterium 8.
Mimosa 99, 113, 128.
Mirabilis 62, 74.
Mittel zur Verlängerung der Lebensdauer 98—115.
Modiola 112, 115.
Monokarpische Gewächse 59, 62, 101.
Monokotyledonen, Lebensdauer 38—41.
Moosblätter, Dauer der 76.
Moose, akrokarpische 24.
— Lebensdauer der 24—26.
— pleurokarpische 24.
— Tufflager der 25—26.
Morchella 23.
Morina 74.
Morus 91.
Mucor 22, 133.
Mumiengerste 130.
Mumienweizen 130.
Mycelium x 23.
Myosotis 144.
Myrsine 80.
Myrtus 54, 58.

N.

Narcissus 77.
Navicula 17.
Nelumbium 129.
Nelumbo 129, 130.
Nereocystis 21.
Nerium 80.
Nicotiana 83.
Nigella 68.
Nitzschia 16—19.
Noctiluca 6.
Nomismia 128.

O.

Odontoglossum 75.
Oedogonium 116.
Oenothera 67, 74.
Olea 56, 57, 80.
Oligotrophus 109.
Oncidium 75.
Ophioglossum 77.
Opuntia 62, 74.
Ornithogalum 77.
Osmanthus 81.
Osmunda 143.
Ostrya 42, 58.
Oxalis 73, 74, 75, 128.

P.

Pandanus 77.
Papaver 67, 72, 74, 75.
Paramaecium 3, 4, 5.
Paris 41, 75.
Parnassia 75.
Partialtod der Algen 10.
— — Einzeller 6, 11.
— bei höheren Gewächsen 11.
Pasania 81.
Pelargonium 75, 107, 115, 120.
Penicillium, Einfluß auf Leuchtbakterien 111.
Perennierende Gewächse 59.
Peridineen, Vermehrungsfuß 15—16, 19.
Periode, große 136.
Peronospora 110, 155.
Persea 80.
Petunia 103.
Peziza 23.
Pfropfung und Altersschwäche 152—158.
— — Lebensdauer 112
Phalaris 130.
Phalaenopsis 75, 104.
Phanerogamen, Lebensdauer der 27—60.
Phaseolus 112, 119.
— Verlängerung der Lebensdauer der Keimblätter 112, 113.
Philadelphus 109.
Philyrea 80.
Photinia 80.
Phyletische Potenz 151.
Phyllactinia 108.
Phyllanthus 142.
Phyllocactus 62.
Phyllodoce 55, 58.
Phylloxera 69.
Picea 34, 57, 78, 79, 88, 91.
Pigmentkörper, schwarze 136.
Pilobolus 22.
Pilze, Lebensdauer der 22—24.
— Scheintod der 127.
Pinus 34—37, 57, 68, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 89, 91, 92.
Piper 106.
Pirola 75.
Pirus 52—53, 58, 89, 111.
Pistacia 81, 82, 111.
Pisum 113.
Pittosporum 80, 81, 82.
Planarien 102.

Plasma und Altern 143.
Plasmodium 22.
Plasmolyse 124.
Platanus 48, 57.
Pleurococcus 127.
Poa 66.
Podocarpus 80
Polarität 142.
Pollenkörner 116.
— Lebensdauer der 96.
Polygonatum 40, 41, 59.
Polygonum 67, 72.
Polykarpische Gewächse 59, 63, 101.
Polyporus 23.
Polytrichum 25, 27, 72.
Populus 46, 47, 57, 58, 89, 91, 141, 153, 154.
— Altersschwäche 153—154.
Portulaca 74.
Potentilla 74, 75.
Primula 83.
Propagationszellen 19.
Prothallium, Lebensdauer 27.
Prunus 53, 58, 80, 81, 89, 142.
Pseudotsuga 79.
Pseudopanax 81.
Pteris 76, 85
Pulmonaria 68, 144.
Pulsationen, postmortale des Herzens 123.
Pyramidenpappel 153

Q.

Quercus 44—46, 57, 68, 80, 81, 82, 89, 91, 109, 146.

R.

Radiolarien 7.
Ranunculus 75, 83.
Rasen 103.
Reaktionsfähigkeit und Altern 142.
Regeneration 120.
— und Altern 142.
Reseda als Kronenbäumchen 102.
Restitution 120
Rhabdonema 10.
Rhamnus 51, 58, 59, 68 80.
Rhizopus 133.
Rhododendron 55, 58, 81, 119.
Rhopalodia 9.
Rhytisma 23.
Ribes 52.
Ricinus 60, 83, 113.
Rindenelemente, Lebensdauer der 93 bis 94.
Ringelung, Einfluß auf das Abfallen der Früchte 111, 115.
Robinia 53, 58, 88, 91, 116, 140.
Roemeria 73, 74.
Rosa 52, 57, 59, 68, 75, 89.
Rose, die „tausendjährige“ 52.
Rosmarinus 81.
Rubus 68, 74.
Ruheperiode 122.

S.

Saccharomyces 14.
Sagina 75.
Salix 42, 46, 58, 88, 91, 92, 107, 128, 146, 154.
Salsola 68.
Salvia 80.
Salvinia 27.
Sambucus 56, 58, 59, 68, 88.
Samen, Scheintod der 128—132.
Sanguinaria 75.
Saponaria 75.
Sarcina 8.
Säuregehalt und Altern 144.
Saxifraga 75.
Schädigungen, Abhaltung der 99.
Scheinstamm der Eibe 32.
Scheintod 100, 114, 122—134.
— Begriff des 122—124.
— Vorkommen des 126—132.
Schildlaus und Zitrone 110.
Schinus 80.
Schließzellen, große Widerstandsfähigkeit 96, 123.
Sciadopitys 79, 81.
Scilla 75, 77.
Scleranthus 83.
Scrophularia 72.
Secale 67.
Sedum 75.
Selaginella 77.
Selbstvergiftung 138.
Senecio 60, 80, 83.
Seneszenz 139.
Sequoia 28—31, 57, 79, 82, 92, 97.
Shocktod 102.
Sideritis 68.
Silberreaktion als Lebensreaktion 125.
Sinapis 75.
Sisyrinchum 74.
Solanum 83.
Somazellen 19.
Sommerroggen 113.
Sorbus 52, 58, 89, 91, 92.
Sorte 152.
Spaltöffnungen und Altern 141.
Spartium 53, 59.
Specularia 68.
Spergula 74.
Spermatozoiden, Überleben der 123.
Spinacia 67.
Spirogyra 125.
Splintholz 92.
Spongilla 10.
Sproßpilze 11, 13—16.
Stachys 129
Standort und Lebensdauer 64—67.
Stanhopea 75.
Staphylea 91.

Stecklingszucht und Altersschwäche 147 bis 158.
Stellaria 60, 68, 101.
Stenostomum 6, 7.
Stentor 8.
Stockwerkartiger Aufbau bei Lycopodium 27.
Stoffwechselprodukte, schädliche 4, 5, 138.
Stoffwechseltod 101.
Streptococcus 8.
Süßwasserpolypen 6.
Sumpfzypresse, Lebensdauer der 31.
Surirella 9.
Symphoricarpus 89.
Symphytum 68.
Synedra 10.
Syringa 89.

T.

Taxodium 31, 57, 79.
Taxus 31—33, 57, 80, 89, 91, 136, 149.
Tecoma 146.
Telephium 75.
Teucrium 57, 59.
Thalictrum 68.
Thea 81.
Thuja 91.
Thymus 57, 59.
Tilia 51, 57, 68, 89, 140.
Tilletia 127.
Tod, als zweckmäßige Einrichtung 3.
— Begriff des 2.
— durch Erschöpfung 62, 101, 114.
— Individual- 7.
— natürlicher 124.
Topophysis 151, 156.
Tordylium 68.
Torenia 106, 115.
Torreya 81.
Tradescantia 19, 73, 74, 76, 96, 141.
Tragzeit 64.
Transpiration und Altern 141.
Trauerweide, Sterben der 154.
Trifolium 67, 72, 128.
Trillium 75.
Trinia, geringe Widerstandskraft der Männchen 70.
Triticum 62.
Tropaeolum 136.
Tuberkelbazillus 13.
Tuff, durch Moose 25—26.
Tulipa 62, 77.
Turgor und Altern 144.
Typha 96.

U.

Ulmus 48, 57, 68, 91.
Undurchlässigkeit des Plasmas für Farbstoffe 125.
Ungleichheit der Sprosse 147.
Unsterblichkeit der Bakterien 12.
Unsterblichkeit der Blaualgen 12.
— — Einzeller 2—5, 8.
— potentielle des Baumes 135, 145—158.
Unterbrechung, zeitweise des Lebens 132 bis 134.
Urtica 83.
Ustilago 127.

V.

Vaccinium 42, 55, 58, 59, 75, 81.
Vanda 75.
Vaucheria 116.
Vegetationspunkt 145.
— Altern des 146, 151, 156, 158.
Vergilbende Blätter mit grünen Flecken 107—108.
Vergilbung des Laubes 94.
— — — als Alterserscheinung 95, 142, 157.
Verhinderung der Bestäubung und Befruchtung 104.
— des Blühens und Fruchtens 100—104, 114.
Verjüngung und Fortpflanzung 8.
— der Bäume 116.
— — Zelle 116.
— durch Amputation 8.
— — Wunden 8, 117.
Verlängerung des Lebens 98—115.
Vermehrung, ungeschlechtliche, fortgesetzte und Altersschwäche 152—158.
— — künstliche und natürliche 157, 158.
Vermehrungsfuß 13.
— der Bakterien 13.
— — Diatomeen 16—18.
— — Peridineen 15—16.
— — Sproßpilze 13—15.
— Übersicht 19.
Veronica 75, 80, 101, 103.
Verwandtschaft und Lebensdauer 67—69.
Vibrio 19.
Viburnum 56, 59, 81, 89.
Vielzeller, Lebensdauer der 19—60.
Viola 66.
Vitis 52, 58, 146.
— ungeschlechtliche Fortpflanzung und Übertragung von Eigenschaften 147, 154.
Volvox 20.

W.

Wachstumsgeschwindigkeit des Meerschweinchens 138.
— und Alter 137.
Washingtonia 28.
Wasserschoße 116.
Weizen aus Mumiengräbern 130.
Wellingtonia 28.
Welwitschia 37, 58, 80, 81.
Wintergetreide 114.
Winterroggen 113.
Wistaria 53, 58.

Wunden, Verjüngung durch 8, 117.
Wundhormone 119.
Wundstoffe und Zellteilung 118.
Wurzelbildung und Alter 156.
Wurzelhaare 94.
Wurzelhaube 94.
Wurzel, Lebensdauer 94.

X.

Xanthium 83.
Xylaria 24.

Y.

Yucca 77.

Z.

Zellen, isolierte, Lebensdauer der 96.
Zellsaft und Altern 144.
Zellteilung und Differenzierung der Zelle 139.
— — Wundstoffe 118.
Zellverjüngung 116.
Zitronen mit grünen Flecken 110.
Züchtungsversuche mit Actinophrys 6.
— — Aelosoma 6.
— — Eudorina 6.
— — Infusorien 3.
— — Stenostomum 6.
Zygnema 125.
Zweijährige Gewächse 59, 104.

Druck von Ant. Kämpfe in Jena.

Hans Molisch

Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei

Für Botaniker, Gärtner, Landwirte, Forstleute und Pflanzenfreunde

Fünfte, neubearbeitete Auflage

Mit 151 Abbild. im Text. X, 337 S. gr. 8° 1922 Rmk 6.—, geb. 8.—

Inhalt: I. **Ernährung.** 1. Wasserkultur. 2./3. Die unentbehrlichen und die entbehrlichen Aschenbestandteile. 4. Stickstoff. 5. Der Boden. 6. Die Düngung. 7. Die Kohlensäureassimilation. 8. Das Wasser und seine Bewegung. 9. Die Transpiration und der Transpirationsstrom in Beziehung zu gärtnerischen Arbeiten. 10. Die Wanderung der Assimilate. 11. Die Ernährung der Pilze. 12. Ernährungsweisen besonderer Art. / II. **Atmung.** / III. **Wachstum.** 1. Allgemeines. 2. Wachstum und Außenbedingungen. 3. Wachstumsbewegungen. 4. Organbildung. 5 Ruheperiode, Treiberei und Laubfall. / IV. **Vom Erfrieren und Gefrieren der Pflanzen.** / V. **Die ungeschlechtliche und die geschlechtliche Fortpflanzung.** / VI. **Die Keimung der Samen.** / VII. **Variabilität, Vererbung und Pflanzenzüchtung.** — Sachregister.

Naturwissenschaftl. Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft, 1916, Heft 12: Ein Buch von Molisch zu lesen, ist immer ein lehrreiches Vergnügen. Die leichte Darstellung und verständliche Sprache, das auf breiter Literaturkenntnis basierte allgemeine Wissen, die reiche eigene Erfahrung und das liebevolle Verständnis für Beziehungen der theoretischen Erkenntnis zur praktischen Anwendung, der praktischen Erfahrung zur theoretischen Fragestellung und Begründung sind nur bei wenigen Botanikern in so harmonischer Weise vereinigt. v. Tubeuf.

Naturwissenschaftl. Wochenschrift, 1922, Nr. 48: . . . Außer Botanikern und Gärtnern kann die Molischsche Pflanzenphysiologie jedem Gebildeten, der irgendwie gärtnerische oder landwirtschaftliche Praxis ausübt, aufs wärmste empfohlen werden, wenn er seinen Gesichtskreis erweitern und seine Kenntnisse vertiefen will. Wächter.

Populäre biologische Vorträge

Zweite, durchgesehene und erweiterte Auflage

Mit 71 Abbild. im Text. IV, 306 S. gr. 8° 1922 Rmk 3.—, geb. 4.50

Inhalt: 1. Goethe als Naturforscher. 2. Eine Wanderung durch den javanischen Urwald. 3. Reiseerinnerungen aus China und Japan. 4. Das Leuchten der Pflanzen. Mit 8 Abbild. 5. Warmbad und Pflanzentreiberei. Mit 4 Abbild. 6. Ultramikroskop und Botanik. Mit 1 Abbild. 7. Das Erfrieren der Pflanzen. Mit 7 Abbild. 8. Über den Ursprung des Lebens. 9. Das Radium und die Pflanze. Mit 13 Abbild. 10. Der Naturmensch als Entdecker auf botanischem Gebiet. Mit 2 Abbild. 11. Der Scheintod der Pflanze. Mit 1 Abbild. 12. Die Verwertung des Abnormen und Pathologischen in der Pflanzenkultur. Mit 4 Abbild. 13. Biologie des atmosphärischen Staubes (Aeroplankton). Mit 8 Abbild. 14. Die Wärmeentwicklung der Pflanze. Mit 5 Abbild. 15. Die Herstellung von Photographien in einem Laubblatte. Mit 3 Abbild. 16. Über die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern. Mit 4 Abbild. 17. Botanische Parodoxa. Mit 3 Abbild. 18. Goethe, Darwin und die Spiraltendenz im Pflanzenreich. Mit 3 Abbild. 19. Das lebende Reagens. Mit 5 Abbild. — Autorenverzeichnis.

Naturwissenschaftl. Monatshefte. 1920, Heft 7/8: Diese Vorträge können als Vorbild populärer Darstellungsweise dienen. Fern von aller Schönfärberei und Sensationslust bringen sie in einfacher, leichtverständlicher Form interessante Kapitel namentlich aus der Physiologie der Pflanzen. . . . Das Buch stellt für jede Lehrerbibliothek eine wertvolle Bereicherung dar. C. W. Schmidt, Leipzig.

Hans Molisch

Pflanzenbiologie in Japan

auf Grund eigener Beobachtungen

Mit 84 Abbild. im Text. X, 270 S. gr. 8° 1926 Rmk 14.—, geb. 16.—

Inhalt: Einleitung. — I. Mikrobiologie. 1. Lichtentwicklung. 2. Die Eisenorganismen in Japan. 3. Über Kalkbakterien und andere kalkfällende Pilze. 4. Die Lebewelt in den heißen Quellen Japans. 5. Massenvegetationen von eßbaren Mikroorganismen. 6. Über die Symbiose der beiden Lebermoose Blasia pusilla L. und Cavicularia densa St. mit Nostoc. 7. Pseudoplasmodium aurantiacum, eine neue Acrasie aus Japan. 8. Über das Vorkommen einer farblosen Diatomee in Japan. 9. Über ein sehr empfindliches biologisches Reagens für Sauerstoff. 10. Wasserblüten und Plankton. — II. Makrobiologie. 1. Epiphyten. 2. Parasiten. 3. Lianen. 4. Über das angebliche und wirkliche Vorkommen von Vogelblumen in Japan. 5. Der Vorläuferstamm. 6. Über das Vorherrschen ombrophiler Pflanzen im japanischen Walde. 7. Über die Kultur des Shiitake- oder Pasaniapilzes in Japan. 8. Zur Biologie der Blüte. 9. Baumphysiologie. 10. Verschiedenes. 11. Mikrochemisches. 12. Über Kohlensäure-Assimilation toter Blätter. 13. Über die Solfataraflora Japans, nebst Bemerkungen über die Strandflora. 14. Über den Kosmopolitismus der Pflanzen. — Sachverzeichnis. Autorenverzeichnis.

Der Verfasser legt hier die Endergebnisse seiner mannigfaltigen, auf verschiedenen Gebieten der Biologie liegenden Studien nieder, die er in den Jahren 1922—1925 in Japan betrieben hat. Einem Rufe der Kaiserlichen japanischen Regierung an die Universität in Sendai Folge leistend, hat der Verfasser als Lehrer und Forscher Gelegenheit gehabt, während dieser $2^1/_2$ Jahre das ganze Land vom äußersten Süden bis nach Sachalin im Norden zu durchreisen und kennen zu lernen. Alles, was er hierbei biologisch Bemerkenswertes in der Flora Japans gesehen und erforscht kat, ist hier zusammengefaßt. Es werden viele Dinge behandelt, die in Europa gar nicht oder nur wenig bekannt sind.

Mikrochemie der Pflanze

Dritte, neubearbeitete Auflage

Mit 135 Abbild. im Text. XII, 438 S. gr. 8° 1923 Rmk 8.—, geb. 10.—

Mikrokosmos, 1921/22, Heft 5: Ein glänzendes Zeugnis deutscher Forschertätigkeit. Zwar sagt der Name Molisch schon alles, aber die peinliche Arbeit, die zahlreichen vorzüglichen Abbildungen, die erschöpfende Behandlung des Riesenstoffes, die mehr als ausführlichen Literaturnachweise nach jedem Abschnitt, die große Übersicht und der ganz wundervolle Stil, der hier ein so schwieriges Kapitel des Wissens in geradezu genußreicher, lesenswerter Form bringt, das muß alles betont werden, wenn man dieser Neuauflage gerecht werden will. Ein Meisterwerk. Wir können das Buch, das für den ernsten mikroskopierenden Botaniker unentbehrbich ist, nur angelegentlich empfehlen. Dr. Stehli.

Naturwissenschaftliche Wochenschrift, 1922, Nr. 14: ... Es ist kaum notwendig, darauf hinzuweisen, wie nützlich, ja unentbehrlich das Molischsche Buch ist, für den Botaniker sowohl wie für alle, die sich mit Pflanzenstoffen beschäftigen müssen, also für den Apotheker, den Nahrungsmitteluntersucher und den Chemiker. Miehe, Berlin.

Biologisches Zentralblatt, 1922, Nr. 2: . . . Tatsächlich hat es sich in zahlreichen Laboratorien bei täglicher Benutzung immer bewährt und der mikrochemischen Forschung einen noch gar nicht abzusehenden Anstoß gegeben.

E. G. Pringsheim, Dahlem.

Hans Molisch

Grundriß einer Histochemie der pflanzlichen Genußmittel. Mit 15 Holzschnitten im Text. 65 S. gr. 8° 1891 Rmk 2.—

Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Eine physiologische Studie. Mit einer farbigen Tafel. VIII, 119 S. gr. 8° 1892 Rmk 3.—

Inhalt: I. Methode des Eisennachweises: 1. Nachweis des locker gebundenen Eisens in der Zelle. 2. Nachweis des fest gebundenen („maskierten") Eisens in der Zelle. / II. Vorkommen und Verbreitung des locker gebundenen Eisens in der Pflanze: 1. Algen. 2. Pilze. 3. Moose. 4. Samen. / III. Vorkommen und Verbreitung des maskierten Eisens in der Pflanze. / IV. Die Eisenbakterien. / V. Die Chlorose. / VI. Über die Notwendigkeit des Eisens für die Pilze: 1. Historisches und Kritisches. 2. Das Eisen, ein normaler Bestandteil der Pilze. 3. Ernährungsversuche.

Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Mit 11 Holzschnitten im Text. VIII, 73 S. gr. 8° 1897 Rmk 2.50

Inhalt: 1. Ein neuer Gefrierapparat für mikroskopische Beobachtungen. / 2. Das Gefrieren toter Objekte. (Das Gefrieren kolloidaler Körper. Das Gefrieren von Salzlösungen. Rückblick.) / 3. Das Gefrieren lebender Objekte. / 4. Über die Widerstandsfähigkeit der Schließzellen und Haare gegen Kälte. / 5. Stirbt die gefrorene Pflanze erst beim Auftauen? / 6. Das Erfrieren von Pflanzen bei Temperaturen über dem Eispunkt. (Das Welken von Pflanzen infolge niederer Temperatur. Das Erfrieren von Pflanzen bei Temperaturen knapp über dem Eispunkt bei Ausschluß der Transpiration.) / 7. Zur Theorie des Erfrierens.

Studien über den Milchsaft und Schleimhautsaft der Pflanzen. Mit 33 Holzschnitten im Text. VIII, 111 S. gr. 8° 1901 Rmk 4.—

Die Purpurbakterien nach neuen Untersuchungen. Eine mikrobiologische Studie. Mit 4 Tafeln. VII, 95 S. gr. 8° 1907 Rmk 5.—

Inhalt: 1. Methoden zur leichten und sicheren Beschaffung der Purpurbakterien. 2. Die Reinkultur von Purpurbakterien. Beschreibung neuer Gattungen und Arten. Systematische Übersicht. 3. Die Purpurbakterien in ihren Beziehungen zum Lichte. 4. Die Purpurbakterien in ihrer Beziehung zum freien Sauerstoff. 5. Die Chemotaxis der Purpurbakterien. 6. Über die Ernährung der Purpurbakterien. 7. Die Farbstoffe der Purpurbakterien.

Die Eisenbakterien. Mit 12 Abbild. im Text und 3 Chromotafeln. VI, 84 S. gr. 8° 1910 *vergriffen*

Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Mit 12 Abbild. im Text. VI, 38 S. gr. 8° 1909 Rmk 1.20

Inhalt: 1. Die Ruheperiode der Pflanzen. 2. Die Erweckung der Pflanze aus ihrer Ruheperiode. 3. Das Warmbadverfahren.

Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 18 Abbild. im Text und 2 Tafeln. VIII, 200 S. gr. 8° 1912 *vergriffen*

Anatomie der Pflanze. Dritte, neubearbeitete Auflage. Mit 150 Abbild. im Text. VIII, 162 S. gr. 8° 1927 Rmk 6.50, geb. 8.—

Lebensdauer, Altern und Tod. Von Dr. **E. Korschelt,** Prof. der Zoologie und vergleichenden Anatomie an der Universität Marburg. Dritte, umgearbeitete und stark vermehrte Auflage. Mit 221 Abbild. im Text. VIII, 307 S. gr. 8° 1924 Rmk 10.—, geb. 11.50

Inhalt: Einleitung. — 1. Die Lebensdauer der Tiere. 2. Lebensdauer und Altern der Pflanzen. 3. Lebensdauer der Pflanzen- und Tierarten (Gattungen, Familien, Ordnungen). 4. Die verschiedenen Todesursachen. 5. Die Lebensdauer der Einzelligen. 6. Protozoenkolonie; Zellenstaat und Metazoen, Zelldifferenzierung und Abnutzung. 7. Rückbildung und Untergang von Zellen und Organen beim normalen Lebensprozeß. 8. Beschränkung der Zellenzahl (Zellkonstanz). 9. Zellvermehrung, Zellengröße und Körpergröße. Zellenalter. 10. Das Altern der Zellen im Zellenverband. 11. Altersveränderungen an Organen. 12. Tod des Gesamtkörpers und seiner Teile (Total- und Parietaltod). 13. Verjüngung von Zellen und Geweben. 14. Verjüngung und Lebensverlängerung. 15. Ruhezustände und Lebensdauer. 16. Fortpflanzung und Lebensdauer. 17. Die Beziehungen der Lebensdauer und andere sie bestimmende Ursachen. 18. Allgemeine Fragen der Lebensdauer und des Todes. 19. Schlußbetrachtungen. — Literatur-, Namen- und Sachverzeichnis.

Über Leben und Tod. Eine biologische Untersuchung von **August Weismann.** Zweite Auflage. Mit 2 Holzschnitten im Text. 68 S. gr. 8° 1892 Rmk 2.—

Die Stoffwanderung in ablebenden Blättern. Von Dr. **Nicolas Swart.** Mit 5 Tafeln. III, 118 S. gr. 8° 1914 Rmk 6 —

Botan. Centralbl., Bd. 126 (1914), Nr. 18: Nach einer Einleitung, worin die Bedeutung der Wehmerschen Kritik dargelegt wird, bespricht Verf. im I. Kapitel alle Arbeiten, die vor und nach der besagten Kritik über die Stoffauswanderung gemacht sind. Am Schluß des Kapitels gibt er eine Anzahl eigener Analysen wieder, die deutlich dartun, daß vor dem Abfall die Blätter einen Verlust an N, P und zumeist auch an Kali erleiden.

Das II. Kap. trägt die Überschrift „Verfärbung des Laubes". Nach einigen allgemeinen Bemerkungen über das Vergilben des Laubes werden die neueren Anschauungen über die Zusammensetzung des Chlorophylls wiedergegeben und die Frage zu beantworten gesucht, was mit den grünen und gelben Farbstoffen beim Vergilbungsprozeß geschehe. . . .

Der Darstellung dieser äußerlich sichtbaren Erscheinungen folgt die der mikroskopischen Untersuchung des vergilbten Blattes. Es wird gezeigt, daß die anatomische Veränderung im Blattgrund die Verbindung zwischen Blatt und Stamm nicht aufzuheben vermag. Der Einfluß des Anthokyans, das im Herbst oft den gelben Farbstoff verdeckt, auf die Stoffauswanderung wird ausführlich besprochen. Am Schluß des Kapitels wird gezeigt, daß die Vergilbung des Laubes nicht eine postmortale Zersetzung, sondern ein physiologischer Prozeß sei.

Das III. Kap. (Ursachen des Laubfalls und des Stoffverlustes der Blätter vor dem Abfall) gibt eine Besprechung des Wesens des Auswanderungsvorganges.

Die Physiologie des Saftsteigens. Von Sir **Jagadis Chunder Bose,** M.A., D.S.C., L.L.D., F.R.S., C.S.I., C.I.E., Direktor des Bose-Forschungsinstitutes. Übersetzt von Dr. Ernst G. Pringsheim, o. ö. Prof. an der deutschen Universität in Prag. Mit 93 Abbild. im Text. X, 262 S. gr. 8° 1925 Rmk 8.—, geb. 9.50

Inhalt: 1. Das Problem des Saftsteigens. 2. Autonomisches Pulsieren. 3. Nachweis und Registrierung des Saftsteigens. 4. Bestimmung der Steiggeschwindigkeit mit Hilfe der mechanischen Reaktion. 5. Die Veränderung der physiologischen Verhältnisse und ihr Einfluß auf das Saftsteigen. 6. Transpiration. 7. Veränderungen der Transpirationsgröße bei einem Wechsel der physiologischen Bedingungen. 8. Die tägliche Veränderung der Transpiration. 9. Das Bluten der Wurzel. 10. Die Beziehungen zwischen Wurzeldruck und Bluten. 11. Tageskurve des Blutungsdruckes und der Saftmenge bei Pflanzen mit Blättern. 12. Der „weinende" Mangobaum. 13. Das Bluten der Palmen. 14. Bestimmung der Geschwindigkeit des Saftsteigens mit der elektrischen Methode. 15. Erkennung und Registrierung der Pulsation einer einzelnen Zelle. 16. Lage der pulsierenden Zellen und Bestimmung der Wellenlänge. 17. Die Tätigkeit der Zellen beim Wassertransport. 18. Hydraulische und Nervenreflexe. 19. Schlußbetrachtung. Register.

248828

Bot
M

Author Molisch, Hans

Title Die Lebensdauer der Pflanze.

University of Toronto
Library

DO NOT
REMOVE
THE
CARD
FROM
THIS
POCKET

Acme Library Card Pocket
Under Pat. "Ref. Index File"
Made by LIBRARY BUREAU

FÖSTE, LODDECKE, RÖHNISCH & CO.
GROSSBUCHBINDEREI. LEIPZIG.